

**SINTESIS OKSIDA GRAFENA TEREDUKSI DARI TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN REDUKTOR EKSTRAK DAUN
MATOA DAN APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI METILEN BIRU**

SKRIPSI

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



Oleh:

NADIA LESTARI SAFITRI

08031281823092

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS OKSIDA GRAFENA TEREDUKSI DARI TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN REDUKTOR EKSTRAK DAUN
MATAO DAN APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI METILEN BIRU**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh:

Nadia Lestari Safitri

08031281823092

Indralaya, 27 Juli 2022

Pembimbing I



Dr. Addy Rachmat, M.Si.

NIP. 197409282000121001

Pembimbing II



Dr. Muhammad Said, M.T.

NIP. 197407212001121001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Sintesis Oksida Grafena Tereduksi dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Reduktor Ekstrak Daun Matoa dan Aplikasinya untuk Adsorpsi Metilen Biru” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Juli 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, 27 Juli 2022

Ketua :

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

NIP. 197204082000032001

()

Sekretaris :

1. **Widia Purwaningrum, M.Si.**

NIP. 197304031999032001

()

Pembimbing :

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

NIP. 197409282000121001

()

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

NIP. 197407212001121001

()

Penguji :

1. **Prof. Dr. Elfita, M.Si.**

NIP. 196903261994122001

()

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

NIP. 197211092000032001

()



Dekan FMIPA

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

NIP. 197111191997021001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



Prof. Dr. Muharni, M.Si.

NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Nadia Lestari Safitri

NIM : 08031281823092

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana strata 1 (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun dari perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain, baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 27 Juli 2022

Yang menyatakan,



Nadia Lestari Safitri

NIM. 08031281823092

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Nadia Lestari Safitri

NIM : 08031281823092

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul “Sintesis Oksida Grafena Tereduksi dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Reduktor Ekstrak Daun Matoa dan Aplikasinya untuk Adsorpsi Metilen Biru”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 27 Juli 2022

Yang menyatakan,



Nadia Lestari Safitri

NIM. 08031281823092

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kepada Allah yang tak pernah meninggalkanku di saat aku terpuruk

Serta Nabi Muhammad yang ku harapkan syafaatnya di hari akhir

Skripsi ini merupakan wujud dari rasa syukurku

Teruntuk Ibu, bapak, dan adik-adik tersayang yang senantiasa memotivasiku

Pembimbing yang memberikan arahan di tengah kesibukannya

Serta sahabat-sahabat yang telah mewarnai hidupku

Skripsi ini ku persembahkan untuk kalian

Terimakasih untuk semua kebajikannya

Tiadalah sebaik-baik balasan melainkan dari sisi Allah

“When the world pushes you to your knees, you’re in the perfect position to pray”

(Jalaluddin el rumi)

.....

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala dari kebaikan, dan siksa dari kejahatan yang diperbuatnya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

.....

“Maka bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah itu benar, dan mohonlah ampun untuk dosamu serta bertasbihlah seraya memuji tuhanmu”

(QS. Gāfir: 55)

KATA PENGANTAR

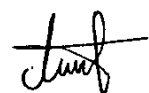
Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi berjudul “Sintesis Oksida Grafena Tereduksi dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Reduktor Ekstrak Daun Matoa dan Aplikasinya untuk Adsorpsi Metilen Biru” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains bidang kimia. Penulis ingin mengucapkan terimakasih banyak kepada bapak **Dr. Addy Rachmat, M.Si.** dan bapak **Dr. Muhammad Said, M.T.** selaku dosen pembimbing tugas akhir atas segala kebaikannya yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik. Penulisan skripsi ini juga tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan doa dari pihak lain sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang Maha Mengetahui proses perjalanan penulis hingga sampai di titik ini, serta menjadi tempat paling aman bagi penulis untuk berkeluh-kesah.
2. Bapak Prof. Hermansyah, M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku ketua jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis sehingga dapat lulus tepat waktu dengan nilai yang baik.
5. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si. selaku dosen pembahas dan penguji sidang sarjana, Bapak Dr. Zainal Fanani, M.Si. selaku dosen pembahas, Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si. selaku dosen penguji sidang, Ibu Fahma Riyanti, M.Si. selaku ketua dan Ibu Widia Purwaningrum, M.Si. selaku sekretaris sidang sarjana.
6. Seluruh dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing penulis selama proses perkuliahan.
7. Ibu yang menyayangi penulis dengan segenap hati, rumah bagi penulis, sosok tulus yang paling mengerti penulis dan pendukung setia dalam setiap proses kehidupan. Bapak yang telah berjuang agar penulis dapat menyelesaikan perkuliahan. Tanpa doa serta pengorbanan dalam setiap tetesan air mata dan keringat keduanya, penulis tentu tidak akan bisa bertahan hingga sekarang.

8. Saudara kandung penulis, Nadila, Rifa, Helvi dan Syauki yang mau mendengar keluhan, menghibur saat lelah dan memotivasi penulis agar bersemangat untuk segera menyelesaikan skripsi. Penulis teramat menyayangi kalian adik-adikku.
9. Keluarga besar Alm. Dumyati dari sebelah ibu dan Alm. Pathun dari sebelah bapak yang telah mendoakan penulis selama ini, dan memotivasi penulis dengan senantiasa bertanya jadwal wisuda.
10. Admin jurusan kimia, kak Iin dan Mba Novi yang telah banyak membantu, baik selama perkuliahan maupun proses administrasi terkait tugas akhir.
11. Sahabat penulis, Herlina yang telah banyak membantu selama ini. Lina yang ceria, seringkali meracuni penulis dengan berbagai *skincare* agar menjadi *glowing*, pendengar curahan hati yang tak pernah menghakimi penulis, manusia tangguh yang jarang menangis namun sebenarnya memiliki hati yang rapuh dan perasa. Semangat cin, semoga dikuatkan dalam menjalani hari dan dimudahkan segala urusannya. Jaga kesehatan ya cin, tidurnya jangan terlalu larut.
12. Sahabat penulis, Galuh Permatasari yang telah banyak membantu selama ini. Galuh yang selalu *positif thinking*, tangguh, teguh pendirian, mudah peka dan *care*, gesit dan serba cepat, pendengar yang baik dan penasihat yang bijak, aktif, ramah, supel, serta mudah beradaptasi pada berbagai kondisi seperti *bunglon*. Sukses selalu *yaa*, semoga dilancarkan segala urusannya. *Hamasah*.
13. Sahabat penulis, Maria Ulfa yang telah banyak membantu selama ini. Faul yang tangguh namun memiliki sisi rapuh, aktif, rajin, tegas, teguh pendirian namun terkadang menjadi *people pleasure*, gesit, *moody*, pribadi jujur, mandiri dan *sometimes overthinking*. Sukses selalu *yaa*. Semangat berjuang *to be a rich aunty* dan ingat bahwa kebahagiaan itu kita sendiri yang *ciptain*.
14. Sahabat penulis, Cici Meiliza yang telah banyak membantu selama ini. Cican yang teliti, tegas, teguh pendirian, *moody*, rapi, rajin, pribadi yang serius namun bisa membaur, dewasa dan *reminder* bagi penulis. Can, sukses selalu *yaa* kedepannya. *Ganbatte* anak pertama pejuang *cuan*.
15. Sahabat penulis, Sri Suryani yang telah banyak membantu selama ini. Sri yang tangguh, mandiri, pandai cari *cuan*, *ceriwis*, *care* dan penyayang. Sukses selalu kedepannya *yaa sri*, semoga dilancarkan segala urusannya. Ingatlah bahwa ada pelangi yang menanti setelah hujan, *keep smile*.

16. Sahabat penulis, Desta Mestaviani yang telah banyak membantu selama ini. Desta yang tangguh, aktif, *care*, perasa, pribadi serius dan tertutup yang jarang menangis namun terkadang bisa menjadi *receh*. Sukses selalu kedepannya des, semoga dilancarkan segala urusannya. *Fighting* anak pertama pejuang cuan.
17. Teman-teman yang menemani masa perkuliahan penulis, teman sejurusan, satu organisasi, kerja praktik, KKN maupun teman semenjak di bangku sekolah. Aini pendengar yang baik akan *curhatan* penulis, Nurzarini teman *sharing* cerita selama perjalanan Indralaya-Prabumulih, Reza yang telah mengizinkan penulis menginap di kosnya, Iren dan Fatma yang dekat dengan penulis di awal perkuliahan, Fira yang dengan baik hati *menebengi* penulis, Bening, Kak Nadia, Tiara, serta semua teman yang pernah menemani dengan segala ceritanya namun tak mampu disebutkan satu per satu. Sukses selalu *yaa*, semoga Allah memudahkan urusannya, dan kita dapat bertemu di kesempatan yang lebih baik.
18. Kakak-kakak tingkat sejurusan kimia maupun satu organisasi BEMF, Kosmic, dan COIN yang selama perkuliahan pernah membantu penulis, dan memotivasi hingga bisa berada di titik ini. Sukses selalu ya, kak.
19. Adik-adik tingkat sejurusan kimia maupun satu organisasi. Rahmad *partner* COIN yang terlihat *cuek* namun peduli, Nur Fathonah, Jumarni dan adik tingkat lainnya yang mendoakan kebaikan bagi penulis. Semangat terus kuliahnya, dik.
20. Semua orang baik yang hadir dalam hidup penulis namun tidak dapat disebut satu per satu, serta setiap pengalaman pilu, masalah, hambatan, kegagalan, dan kepahitan hidup yang telah menempah penulis sehingga dapat menjadi pribadi yang lebih tangguh, semakin dewasa, ikhlas, sabar dan banyak bersyukur.
Semoga semua kebaikan baik berupa bimbingan, ilmu, maupun bantuan yang diberikan kepada penulis menjadi pahala dan amal shaleh bagi pihak terkait. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih belum sempurna, sehingga sangat mengharapkan adanya kritik dan saran dari pembaca. Selanjutnya penulis berharap supaya skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Prabumulih, 27 Juli 2022



Penulis

SUMMARY

SYNTHESIS OF REDUCED GRAPHENE OXIDE FROM OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES USING MATOA LEAF EXTRACT AS REDUCING AGENT AND ITS APPLICATION FOR METHYLENE BLUE ADSORPTION

Scientific Report in the form of Skripsi, May 2022

Nadia Lestari Safitri, supervised by Dr. Addy Rachmat, M.Si.
and Dr. Muhammad Said, M.T.

xvii + 87 Pages, 26 Tables, 26 Pictures, 5 Attachments.

Reduced graphene oxide is a compound produced by reducing or removing oxygen containing functional groups from graphene oxide. To obtain an efficient adsorbent, synthesis of reduced graphene oxide from oil palm empty fruit bunches was carried out. Oil palm empty fruit bunches were chosen as a source of biomass because of their abundance and composed of mainly carbon elements. Graphene oxide synthesis carried out using the Hummer Methode. Graphene oxide in this research was reduced by matoa leaf extract to reduced graphene oxide. The results of the synthesis were characterized using XRD, FTIR and Raman spectroscopy. Analysis of the results of characterization with XRD showed a peak angle 2θ of 24.4° with a d-spacing value of 0.365 nm. Analysis by FTIR showed the O–H, $C\equiv N$, $C=C$ and $C-H$ functional groups with lower intensities than GO. Characterization by Raman spectroscopy showed the D line at 1381 cm^{-1} , G at 1592 cm^{-1} and 2D at 2685 cm^{-1} with a defect intensity ratio compared to graphite of 0.93. The synthesized reduced graphene oxide was applied as adsorbent to adsorb methylene blue which often causes pollution to the aquatic environment. The results of the adsorption test on the concentration of the adsorbed adsorbent showed the optimum conditions for the adsorption of methylene blue at the optimum concentration of 50 mg/L as much as 36.95 mg/L, optimum time 45 minutes as much as 42.40 mg/L, and the optimum adsorbent mass of 25 mg was 49.856 mg/L. The reduced graphene oxide adsorption isotherm followed the Langmuir isotherm model with correlation coefficient value of 0.9998, maximum adsorption capacity of 54.945 mg/g and K_L value of 0.587 L/mg.

Keywords : Reduced graphene oxide, Hummer, Methylene blue, Adsorption
Citations : 86 (1987-2022)

RINGKASAN

SINTESIS OKSIDA GRAFENA TEREDUKSI DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN REDUKTOR EKSTRAK DAUN MATOA DAN APLIKASINYA UNTUK ADSORPSI METILEN BIRU

Karya Tulis Ilmiah dalam Skripsi, Mei 2022

Nadia Lestari Safitri, dibimbing oleh Dr. Addy Rachmat, M.Si.
dan Dr. Muhammad Said, M.T.

xvii + 87 Halaman, 26 Tabel, 26 Gambar, 5 Lampiran.

Oksida grafena tereduksi merupakan senyawa yang dihasilkan melalui reduksi atau penghilangan gugus fungsi yang mengandung oksigen dari oksida grafena. Untuk memperoleh adsorben yang efisien, dilakukan sintesis terhadap oksida grafena tereduksi dari tandan kosong kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit dipilih sebagai sumber biomassa karena jumlahnya yang melimpah dan tersusun atas banyak unsur karbon. Sintesis oksida grafena dilakukan menggunakan metode Hummer. Oksida grafena dalam penelitian ini direduksi dengan ekstrak daun matoa menjadi oksida grafena tereduksi. Hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, FTIR dan spektroskopi Raman. Analisa terhadap hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan puncak sudut 2θ pada $24,4^\circ$ dengan nilai *d-spacing* sebesar 0,365 nm. Analisa FTIR menunjukkan gugus fungsi O–H, C≡N, C=C dan C–H dengan intensitas yang lebih rendah dari GO. Hasil karakterisasi melalui spektroskopi Raman menunjukkan garis D pada 1381 cm^{-1} , G pada 1592 cm^{-1} dan 2D pada 2685 cm^{-1} dengan rasio intensitas cacat dibandingkan grafitik sebesar 0,93. Oksida grafena tereduksi yang telah disintesis diaplikasikan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi metilen biru yang sering mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan perairan. Hasil pengujian adsorpsi terhadap konsentrasi adsorben teradsorpsi menunjukkan kondisi optimum penyerapan metilen biru pada konsentrasi optimum 50 ppm sebanyak 36,95 mg/L, waktu optimum 45 menit sebanyak 42,40 mg/L, dan massa adsorben optimum 25 mg sebanyak 49,856 mg/L. Isoterm adsorpsi oksida grafena tereduksi mengikuti model isoterm Langmuir dengan nilai koefisien korelasi 0,9998, kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 54,945 mg/g dan nilai K_L sebesar 0,587 L/mg.

Kata Kunci : Oksida grafena tereduksi, Hummer, Metilen biru, Adsorpsi
Kepustakaan : 86 (1987-2022)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	5
2.2 Oksida Grafena	6
2.3 Oksida Grafena Tereduksi.....	7
2.4 Metode Sintesis Oksida Grafena	8
2.5 Matoa (<i>Pometia pinnata</i>).....	9
2.6 Metilen Biru.....	10
2.7 Adsorpsi.....	11
2.8 Isoterm Adsorpsi	12
2.9 Instrumen Analisis.....	13
2.9.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	13
2.9.2 <i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	15
2.9.3 Spektroskopi Raman	17

2.9.4 Spektrofotometer UV-Vis	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Alat.....	19
3.2.2 Bahan	19
3.3 Prosedur.....	20
3.3.1 Karbonisasi Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	20
3.3.2 Grafitisasi Hasil Karbonisasi.....	20
3.3.3 Pembuatan Oksida Grafena.....	20
3.3.4 Pembuatan Reduktor dari Ekstrak Daun Matoa.....	21
3.3.5 Reduksi Oksida Grafena dengan Ekstrak Daun Matoa...	21
3.3.6 Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru.....	22
3.3.7 Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru	22
3.3.7.1 Pengaruh Konsentrasi	22
3.3.7.2 Pengaruh Waktu Kontak.....	22
3.3.7.3 Pengaruh Massa Adsorben.....	22
3.3.8 Analisis Data	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Sintesis Oksida Grafena Tereduksi	24
4.2 Karakterisasi Oksida Grafena Tereduksi.....	26
4.2.1 Hasil Analisis Data dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)...	26
4.2.2 Hasil Analisis Data dengan FTIR	28
4.2.3 Hasil Analisis Data dengan Spektroskopi Raman.....	30
4.3 Aplikasi Grafit, GO dan rGO Sebagai Adsorben	32
4.3.1 Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru.....	32
4.3.2 Analisis Data Adsorpsi dengan Variasi Konsentrasi	33
4.3.3 Analisis Data Adsorpsi pada Variasi Waktu Kontak.....	36
4.3.4 Analisis Data Adsorpsi pada Variasi Massa Adsorben...	37
4.3.5 Penentuan Isoterm Adsorpsi	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 KESIMPULAN	41

5.2 SARAN.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	49
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	87

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kelapa sawit	5
Gambar 2. Struktur oksida grafena	7
Gambar 3. Struktur oksida grafena tereduksi.....	7
Gambar 4. Tahapan sintesis rGO dengan Hummer	9
Gambar 5. Daun matoa	10
Gambar 6. Struktur metilen biru	11
Gambar 7. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir (a) dan Freundlich (b).....	13
Gambar 8. Besar puncak melalui uji XRD	14
Gambar 9. Hasil uji GO dan rGO melalui FTIR.....	16
Gambar 10. Hasil uji grafit, GO dan rGO melalui Raman.....	17
Gambar 11. Campuran grafit (a), GO (b), dan rGO (c)	24
Gambar 12. Residu GO (a) dan rGO (b)	25
Gambar 13. Difraktogram hasil analisis dengan XRD pada serbuk	26
Gambar 14. Spektrum hasil analisis dengan FTIR pada GO (a) dan rGO (b)	28
Gambar 15. Spektrum rGO TKKS hasil analisis spektroskopi Raman	30
Gambar 16. Spektrum rGO serbuk grafit pabrik hasil analisis Raman.....	31
Gambar 17. Kurva standar metilen biru	32
Gambar 18. Kurva pengaruh variasi konsentrasi	34
Gambar 19. Mekanisme adsorpsi MB oleh GO (a) dan rGO (b).....	35
Gambar 20. Kurva pengaruh waktu pada grafit (a), GO (b) dan rGO (c).....	37
Gambar 21. Kurva pengaruh massa pada grafit (a), GO (b) dan rGO (c).....	38
Gambar 22. Kurva isoterm Langmuir pada grafit (a), GO (b) dan rGO (c).....	39
Gambar 23. Kurva isoterm Freundlich pada grafit (a), GO (b) dan rGO (c)	39
Gambar 24. Adsorpsi metilen biru dengan variasi konsentrasi.....	62
Gambar 25. Adsorpsi metilen biru dengan variasi waktu kontak	62
Gambar 26. Adsorpsi metilen biru dengan variasi massa adsorben.....	62

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Contoh hasil karakterisasi GO dan rGO melalui uji XRD.....	15
Tabel 2. Contoh hasil karakterisasi GO dan rGO melalui uji FTIR.....	16
Tabel 3. Data Hasil XRD grafit (a), GO (b) dan rGO (c)	27
Tabel 4. Rangkuman data spektra FTIR pada GO dan rGO	29
Tabel 5. Persentase adsorpsi dengan variasi konsentrasi	34
Tabel 6. Persentase adsorpsi dengan variasi waktu kontak.....	36
Tabel 7. Persentase adsorpsi dengan variasi massa MB	38
Tabel 8. Data hasil perhitungan isoterm adsorpsi pada grafit, GO dan rGO	40
Tabel 9. Data absorbansi uji adsorpsi grafit pada variasi konsentrasi	63
Tabel 10. Data absorbansi uji adsorpsi GO pada variasi konsentrasi	64
Tabel 11. Data absorbansi uji adsorpsi rGO pada variasi konsentrasi	65
Tabel 12. Data absorbansi uji adsorpsi grafit pada variasi waktu kontak	66
Tabel 13. Data absorbansi uji adsorpsi GO pada variasi waktu kontak.....	67
Tabel 14. Data absorbansi uji adsorpsi rGO pada variasi waktu kontak	68
Tabel 15. Data absorbansi uji adsorpsi grafit pada variasi massa adsorben	70
Tabel 16. Data absorbansi uji adsorpsi GO pada variasi massa adsorben	70
Tabel 17. Data absorbansi uji adsorpsi rGO pada variasi massa adsorben	71
Tabel 18. Data hasil adsorpsi dengan variasi konsentrasi pada Grafit.....	73
Tabel 19. Data hasil adsorpsi dengan variasi konsentrasi pada GO	74
Tabel 20. Data hasil adsorpsi dengan variasi konsentrasi pada rGO	76
Tabel 21. Data hasil adsorpsi dengan variasi waktu kontak pada grafit	77
Tabel 22. Data hasil adsorpsi dengan variasi waktu kontak pada GO	78
Tabel 23. Data hasil adsorpsi dengan variasi waktu kontak pada rGO.....	80
Tabel 24. Data hasil adsorpsi dengan variasi massa adsorben pada grafit.....	80
Tabel 25. Data hasil adsorpsi dengan variasi massa adsorben pada GO	82
Tabel 26. Data hasil adsorpsi dengan variasi massa adsorben pada rGO	83

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Kerja.....	50
Lampiran 2. Data XRD Arang, Grafit, GO dan rGO TKKS	56
Lampiran 3. Data FTIR GO dan rGO TKKS	60
Lampiran 4. Dokumentasi Proses Adsorpsi dengan Variasi Kondisi	62
Lampiran 5. Perhitungan Terhadap Variasi Kondisi Adsorpsi	63

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang pesat memerlukan dukungan material unggul yang semakin tinggi, baik dalam aplikasi sensor, adsorben, katalis maupun kapasitor. Salah satu material yang dikembangkan saat ini adalah grafena. Novoselov *et al.* (2004) menyatakan bahwa grafena adalah satu lapis grafit berupa material dua dimensi monoatomik. Grafena memiliki susunan atom berkerangka heksagonal dengan alotrofi karbon di lapisan terluar (Taufantri dkk., 2016). Grafena memiliki karakteristik menarik dikarenakan teraturannya susunan atom karbon. Kekuatan yang dimiliki grafena lebih besar dari baja (Syakir dkk., 2015). Grafena memiliki sifat-sifat unggul diantaranya sifat elektronik unik dikarenakan sifat termal yang tinggi, dan luas permukaan yang besar (Gerasimov, 2019).

Oksida grafena merupakan senyawa turunan dari grafena yang memiliki banyak gugus fungsi oksigen (Jagiello *et al.*, 2020). Proses pengelupasan grafit menjadi oksida grafena dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti deposisi uap kimia (CVD), ultrasonikasi dan Hummer. Metode CVD menghasilkan produk dengan kemurnian yang tinggi (Yohan dkk., 2020). Biaya produksi yang diperlukan untuk metode ini juga mahal (Taufantri dkk., 2016). Metode ultrasonikasi menggunakan bantuan gelombang ultrasonik untuk mengelupas lapisan grafit. Metode ini memiliki kelebihan seperti murah karena bisa dengan air, prosesnya mudah, menghasilkan limbah yang sedikit dan dapat memproduksi dalam skala besar. Oksida grafena yang dihasilkan memiliki kemurnian yang rendah dan mengakibatkan suara bising saat proses produksi. Metode Hummer menggunakan senyawa kimia untuk mengelupas lapisan grafit. Metode ini menggunakan senyawa kimia yang mudah ditemukan dan biaya yang murah, namun menghasilkan limbah kimia yang berbahaya dan kemurnian produk yang rendah (Honorisal dkk., 2020).

Metode Hummer dapat memproduksi oksida grafena dalam skala besar dan lebih efektif jika dilanjutkan dengan proses reduksi (Hessain dan Hassan, 2019). Penghilangan beberapa gugus fungsi oksigen dengan agen pereduksi akan menghasilkan oksida grafena tereduksi (Razaq *et al.*, 2022). Sifat yang mirip dengan grafena disertai biaya produksi yang rendah menyebabkan berkembangnya

penelitian mengenai sintesis oksida grafena (Hessain dan Hassan, 2019). Sintesis oksida grafena tereduksi dari arang telah dilakukan sebelumnya dengan tempurung kelapa menggunakan metode Hummer oleh Hidayat dkk., (2016). Penelitian yang dilakukan melalui pengujian dengan XRD menunjukkan adanya pita oksida grafena tereduksi pada sudut 2θ sebesar 24° dan 43° .

Selain tempurung kelapa, tandan kosong kelapa sawit juga berpotensi sebagai bahan baku sintesis oksida grafena tereduksi. Analisa yang dilakukan terhadap tandan kosong kelapa sawit menunjukkan adanya komponen selulosa, lignin dan hemiselulosa yang tinggi (Thebora dkk., 2019). Komponen ini tersusun atas banyak unsur karbon, yaitu sekitar 40,93 hingga 68,3% dalam satu tandannya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon (Thoe *et al.*, 2019). Kenyataan bahwa kelapa sawit merupakan hasil pertanian yang cukup melimpah mendukung hal ini.

Kelapa sawit merupakan komoditas paling penting di Indonesia sebagai negara yang mengekspor minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Indonesia menyumbang devisa rata-rata US\$ 15 milyar per tahun, dimana pada tahun 2016 mencapai 31,1 juta ton. Luas lahan perkebunan kelapa sawit Indonesia diperkirakan akan meningkat sebesar 3,3% menjadi 12,3 juta Ha pada tahun 2017. Lahan ini meliputi 753 ribu Ha perkebunan Negara, 4,76 juta Ha perkebunan rakyat dan 6,8 juta Ha perkebunan swasta. Rata-rata peningkatan luas lahan perkebunan kelapa sawit selama 10 tahun terakhir adalah sebesar 5,9% (Sitorus dkk., 2020).

Hal tersebut sejalan dengan ketersediaan tandan kosong kelapa sawit yang juga melimpah, namun hingga saat ini masih kurang dimanfaatkan. Salah satu contoh pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit yang belum optimal yaitu pada sebagian besar pabrik minyak kelapa sawit mentah atau perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat. Tandan ini biasanya hanya ditimbun sebagai mulsa di lahan perkebunan kelapa sawit atau dibakar menjadi arang (Hatta dkk., 2014). Inovasi penelitian terhadap tandan kosong kelapa sawit perlu dilakukan agar dapat menghasilkan senyawa yang lebih bermanfaat dan bernilai. Salah satu contoh pemanfaatannya adalah sebagai adsorben yang diperoleh melalui proses sintesis arang tandan kosong kelapa sawit menjadi oksida grafena tereduksi.

Oksida grafena tereduksi dalam penelitian ini diaplikasikan untuk adsorpsi metilen biru. Metilen biru sebagai pewarna kationik banyak diaplikasikan pada

industri kapas, sutra, kulit, wol, dan kertas pelapis. Pewarna kationik diidentifikasi lebih beracun dibandingkan dengan pewarna lain (Suma *et al.*, 2021). Metilen biru telah menjadi salah satu limbah industri di dalam air yang menyebabkan terjadinya masalah lingkungan (Teow *et al.*, 2021). Sejauh ini adsorpsi merupakan metode yang paling sering dipakai untuk menghilangkan kandungan metilen biru dari air. Metode ini banyak digunakan karena biayanya yang murah, sederhana dan mudah pelaksanaannya (Hamdaoui dan Chiha, 2007).

Penelitian mengenai pengaplikasian oksida grafena tereduksi dari tandan kosong kelapa sawit sebagai adsorben metilen biru telah dilakukan sebelumnya oleh Rebitanim *et al.* (2012) yang memperoleh kapasitas adsorpsi maksimum Langmuir sebesar 50,76 mg/g. Tandan kosong kelapa sawit dalam penelitian ini disintesis menjadi oksida grafena tereduksi dengan modifikasi reduktor berupa ekstrak daun matoa. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Sujatmiko (2020) membuktikan bahwa daun matoa dapat mereduksi oksida grafena menjadi oksida grafena tereduksi. Hal ini disebabkan oleh terjadinya pergeseran puncak serapan UV dari panjang gelombang 230 nm yang dikaitkan dengan transisi ikatan phi gugus aromatik C=C menjadi 276 nm pada spektra penyerapan oksida grafena sebelum dan sesudah direduksi yang mengindikasikan keberhasilan proses reduksi.

Berdasarkan pertimbangan diatas maka dilakukanlah penelitian ini sehingga dapat diperoleh adsorben yang cukup efisien ditinjau dari kapasitas adsorpsinya. Secara garis besar ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam preparasi sampel yaitu karbonisasi tandan kosong kelapa sawit, grafitisasi, sintesis oksida grafena dan reduksi oksida grafena menggunakan ekstrak daun matoa. Karakterisasi dilakukan dengan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, dan spektroskopi Raman. Tahap pengaplikasian oksida grafena tereduksi sebagai adsorben metilen biru dilakukan dengan metode *batch* pada berbagai variasi kondisi dan sisa metilen biru dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

1.2 Rumusan Masalah

Oksida grafena tereduksi adalah material karbon dengan sifat yang unggul sebagai adsorben dan katalis. Pembuatan material ini memerlukan padatan grafit dengan kadar karbon yang tinggi. Tandan kosong kelapa sawit merupakan biomassa yang memiliki kandungan selulosa tinggi dengan pemanfaatan yang masih sangat

terbatas sebagai bahan bakar *boiler*. Karbonisasi tandan kosong kelapa sawit menghasilkan grafit yang berguna sebagai material awal pembuatan oksida grafena tereduksi. Penelitian untuk membuat oksida grafena tereduksi berbasis grafit dari tandan kosong kelapa sawit diperlukan agar sumber biomassa ini dapat memberikan manfaat yang lebih besar.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Sintesis oksida grafena tereduksi berbasiskan grafit hasil karbonisasi dari biomassa tandan kosong kelapa sawit
2. Menentukan karakter kristalinitas, gugus fungsi tersisa dan pola Raman dari oksida grafena tereduksi yang diperoleh
3. Mengaplikasikan oksida grafena tereduksi untuk mengadsorpsi zat warna metilen biru dengan menggunakan parameter konsentrasi, waktu kontak dan rasio adsorben

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memperoleh informasi bahwa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat dijadikan sebagai bahan material sintesis oksida grafena tereduksi
2. Memperoleh pengetahuan baru tentang material oksida grafena tereduksi yang dapat dibuat melalui reduktor tumbuhan
3. Memperoleh informasi mengenai oksida grafena tereduksi yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben metilen biru

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, Syahputra, R. A., Lie, S., Nugraha, S. E., and Situmorang, P. C. 2021. Amelioration of Cisplatin-Induced Kidney Injury by *Pometia pinnata*. *Pharmacogn Journal*. 13(5): 1257-1268.
- Agnetisia, R. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe_3O_4) serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Methylene Blue. *Sains dan Terapan Kimia*. 11(2): 61-70.
- Agusu, L., Rasap, Yuliana, Yustin, B., Risal, D., dan Herdianto. 2017. Pengaruh Lama Waktu Ultrasonikasi Terhadap Konduktivitas Listrik Graphene. *Jurnal Aplikasi Fisika*. 13(2): 15-19.
- Aini, S. dan Supratikno. 2018. Penerapan Lima Model Kesetimbangan Adsorpsi Isoterm pada Adsorpsi Ion Logam Chrom VI oleh Zeolit. *Jurnal Eksergi*. 15(2): 48-53.
- Akhavan, O., Bijanzad, K., and Mirsepah, A. 2014. Synthesis of Graphene from Natural and Industrial Carbonaceous Wastes. *RSC Advances*. 4(39): 20441-20448.
- Amalia, A. N. dan Rahayu, E. F. 2020. Pengaruh Massa Graphene Oxide dan Daya Microwae Terhadap Sintesis Graphene Melalui Iradiasi Microwave. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 9(2): 107-111.
- Amhadin, F. A. 2020. Sintesis Komposit Grafena Oksida Tereduksi (rGO) dan Seng Oksida (ZnO) dari Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin: Makassar.
- Andriani, M. dan Nahrowi. 2020. Kualitas Antioksidan Senyawa Fitokimia dan Karakteristik Kimia Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*) yang Dikeringkan. *Jurnal Veteriner*. 21(4): 604-610.
- Arias, F. A., Guevara, M., Tene, T., Angamarca, P., Molina, R., Valarezo, A., Salguero, O., Gomez, C. V., Arias, M., and Caputi, L. S. 2020. The Adsorption of Methylene Blue on Eco-Friendly Reduced Graphene Oxide. *Nanomaterials*. 10(681): 1-19.
- Artioli, Y. 2008. *Ecological Processes: Adsorption*. Padua: University of Padua.
- Asip, F., Mardhiah, R., dan Husna. 2008. Uji Aktivitas Cangkang Telur Dalam Mengadsorpsi Fe dengan Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(15): 22-26.
- Astari, M. A. dan Utami, B. 2018. Uji Daya Adorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse Fly Ash untuk Menjerap Logam Cu Pada Sistem Batch. *Proceeding Biology Education Conference*. 15(1): 766-774.
- Aulia, F., Marpongahtun, dan Saharman, G. 2013. Studi Penyediaan Nanokristalin Selulosa dari Tandan Kosong Sawit. *Jurnal Sainia Kimia*. 1(2): 1-5.
- Bassett, J. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas: Padang.
- Darminto, Malik, A. B., dan Retno, A. 2018. *Pengembangan Bahan Karbon dari Biomassa*. ITS Press: Surabaya.
- Dewi, T. S. dan Putri, N. P. C. 2019. Pengaruh Waktu Ultrasonikasi Terhadap Nilai Kapasitansi Elektroda Superkapasitor Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*. 8(1): 5-7.
- Do, D. D. 1998. *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics*. London: Imperial College Press.
- Dwijayanti, U., Gunawan, Widodo, D. S., Haris, A., Suyati, L., dan Lusiana, R. A. 2020. Adsorpsi Methylene Blue (MB) Menggunakan Abu Layang Batubara Teraktivasi Larutan NaOH. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 5(1): 1-14.
- Faniyi, O., Fasakin, O., Olofinjana, B., Adekunle, A. S., Oluwasusi., T. V., Elureja., M. A., and Ajayi, E. O. B. 2019. The Comparative Analyses of Reduced Graphene Oxide Prepared via Green, Mild, and Chemical Approaches. *Springer Nature Journal of Applied Sciences*. 1 (1181): 1-7.
- Gandjar, Ibnu, G., dan Abdul, R. 2012. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gaol, M. R. L. L., Sitorus, L., Yanthi, S., Surya., I., dan Manurung, R. 2013. Pembuatan Selulosa Asetat dari α -Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(3): 33-39.
- Gawande, S. W., Belwalkar, N. S., and Mane, A. A. Adsorption and Its Isotherm-Theory. 2017. *International Journal of Engineering Research*. 6(6): 312-316.
- Geetha, R., Kastury, M., Sivakumar, M., and Ali, H. A. 2019. Graphene-based 3D Scaffold in Tissue Engineering: Fabrication, Applications, and Future Scope in Liver Tissue Engineering. *International Journal of Nanomedicine*. 14(1): 5753-5783.
- Gerasimov, G. 2016. *Graphene-Based Gas Sensors - in Advanced Environmental Analysis: Applications of Nanomaterials Volume 2*. Rusia: The Royal Society of Chemistry.
- Hajar, S., Rahmah, W., Putri, E. M., Ressaydy, S. S., dan Hamzah, H. 2021. Potential of Matoa Fruit Extract (*Pometia Pinnata*) as Antioxidant Source. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*. 7(1): 59-66.
- Hamdaoui, O. and Chiha, M. 2007. Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran. *Acta Chim Slov*. 2007. 54(1): 407-418.

- Handayani, M. dan Sulistiyono, E. 2009. Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*. 130-136.
- Harbone, J. B. 1987. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan*. Bandung: ITB Press.
- Haryanti, A., Norsamsi, Putri, S. F. S., dan Novy, P. P. 2014. Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Konversi*. 3(2): 57-66.
- Hatta, M., Jafri, dan Permana, D. 2014. Pemanfaatan Tandan Kosong Sawit Untuk Pupuk Organik Pada Intercropping Kelapa Sawit dan Jagung. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 17(1):27-35.
- Hessein, H. A. dan Hassan J. J. 2020. Green Synthesis of Reduced Graphene Oxide Using Ascorbic Acid. *Iraqi Journal of Science*. 61(6): 1313-1319.
- Hidayah, N. M. S., Liu, W. W., Lai, C. W., Noriman, M. Z., Khe, C. S., Hashim, U., and Lee, H. C. 2017. Comparison on Graphite, Graphene Oxide, and Reduced Graphene Oxide: Synthesis and Characterization. *AIP Conference Proceedings*. 1892(150002): 1-8.
- Hidayat, A., Setiadji, S., dan Hadisanto, E. P. 2018. Sintesis Oksida Grafena Tereduksi dari Arang Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera). *Jurnal Al-kimiya*. 5(2): 68-73.
- Honorisal, M. B. P., Nurul, H., Tri, P., dan Amalia, S. 2020. Sintesis dan Karakterisasi Grafena Oksida dari Tempurung Kelapa dengan Metode Sonikasi dan Hidrotermal. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 16(1): 1-11.
- Irwandi, R., Yenti, S. R., dan Chairul. 2015. Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Pb. *JOM FTeknik*. 2(2): 1-9.
- Jagiello, J., Chlanda, A., Baran, M., Gwiazda, M., and Lipinska, L. 2020. Synthesis and Characterization of Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Composites with Inorganic Nanoparticles for Biomedical Applications. *Nanomaterials*. 10(1846): 1-18.
- Kaczmarek, K., Leniart, A., Lapinska, B., Skrzypek, S., and Lukomska-Szymanska, M. 2021. Selected Spectroscopic *Techniques for Surface Analysis of Dental Materials: A Narrative Review*. 14(2624): 1-25.
- Kakame, D. Y. N., Wuntu, A. D., dan Koleangan, H. 2018. Degradasi dan Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Komposit Ag-Tulang Ikan Terkalsinasi. *Jurnal Chemistry Progress*. 11(2): 58-62.
- Kumar, S., Ashish, K., Bahuguna, A., Sharma, V., and Krishnan, V. 2017. Two-Dimensional Carbon-Based Nanocomposites for Photocatalytic Energy Generation and Environmental Remediation Applications. *Beilstein Journal of Nanotechnology*. 8(1): 1571-1600.

- Kuspradini, H., Pasedan, W. F., dan Kusuma, I. W. 2016. Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Daun Pometia. *Jurnal Jamu Indonesia*. 1(1): 26-34.
- Kusumattaqin, F., Ramli, Kurnyawaty, N., Halik, A., dan Hira, T. 2020. Analisa Struktur Oksida Grafena Tereduksi. *Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*. 3(1): 32-41.
- Langenati, R., Mordiono, R., Mustika, D., Wasito, B., dan Ridwan. 2012. Pengaruh Jenis Adsorben dan Konsentrasi Uranium Terhadap Pemungutan Uranium dari Larutan Uranil Nitrat. *Jurnal Teknologi Bahan Nuklir*. 8(2): 67-122.
- Lee, H. C., Liu, W., Chai, S. P., Mohamed, A. R., Lai, C. W., Khe, C. S., Voon C. H., Hashim, U., and Hidayah N. M. S. 2016. Graphene: A Review of Recent Development. *Procedia Chemistry*. 19(1): 916-921.
- Li, C., Zachao, Z., Xiaoying, J., and Zuliang, C. 2017. A Facile and Green Preparation of Reduced Graphene Oxide Using Eucalyptus Leaf Extract. *Journal of Applied Surface Science*. 422(1): 469-474.
- Mahiuddin, M. and Ochiai, B. 2021. Lemon Juice Assisted Green Synthesis of Reduced Graphene Oxide and Its Application for Adsorption of Methylene Blue. *Technologies*. 9(96): 1-20.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. (Fourth edition). New York: Mc. Graw hill.
- Monash, P. and Pugazhenthii, G. 2010. Investigation of Equilibrium and Kinetic Parameters of Methylene Blue Adsorption onto MCM-41. *Korean Journal of Chemical Engineering*. 27(4): 1184-1191.
- Nabilah, A. dan Suyatno, S. 2019. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Kulit Batang Matoa. *Unesa Journal of Chemistry*. 8(3): 116-119.
- Nashrullah, M. dan Darminto. 2014. Analisis Fasa dan Lebar Celah Pita Energi Karbon Pada Hasil Pemanasan Tempurung Kelapa. *Jurnal Seni dan Sains Pomits*. 1(1): 1-5.
- Negi, A., Kriti, B., Jyoti, R., Himani, S., and Charu, D. Synthesis and Characterization of The Nanocomposites of Graphene Oxide in Polyethylene Glycol. *Materials Today: Proceedings*.
- Novoselov, K. S., Geim., A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. P., Grigorieva, L. I., and Firsov, A. A. 2004. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science*. 303(10): 666.
- Omidi, M., Fatehinya, A., Farahani, M., Akbari, Z., Shahmoradi, S., Yazdian, F., and Vashae, D. 2017. Characterization of biomaterials. *Biomaterials for Oral and Dental Tissue Engineering*. 97-115.
- Pahan, I. 2006. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis Dari Hulu Hingga Hilir*. Kementerian Pertanian: Bogor.

- Parthipan, P., Monerah, A. A., Al-Ghamdi, A. A., and Subramania, A. 2021. Eco-friendly synthesis of reduced graphene oxide as sustainable photocatalyst for removal of hazardous organic dyes. *Journal of King Saud University*. 1(33): 101438.
- Pridyantari, A. P., Ningrum, A. S., Handayani, W., and Imawan, C. 2018. Bioreduction Properties Of *Pometia Pinnata* J. R. Forst. & G. Forst (Sapindaceae) For Silver Nanoparticles Synthesis. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 481(2020): 012012.
- Ragadhita, R. dan Nandiyanto, A. B. D. 2021. How to Calculate Isotherm Adsorption Isotherms of Particles Using Two-Parameter Monolayer Adsorption Models and Equations. *Indonesian Journal of Science & Technology*. 6(1): 205-234.
- Razaq, A., Bibi, F., Zheng, X., Papadakis, R., and Jafri, S. H. M. 2022. Review of Graphene, Graphene Oxide, Reduce Graphene Oxide Based Flexible Composites: From Fabrication to Applications. *Materials*. 15(1012): 1-17.
- Rebitanim, N. Z., Azlina, W., Ghani, W. A. K., Mahmoud, D. K., Rebitanim, A., Amran, M., and Salleh, M. 2012. Adsorption Capacity of Raw Empty Fruit Bunch Biomass onto Methylene Blue Dye in Aqueous Solution. *Journal of Purity*. 1(1): 45-60.
- Rossalinda, Wijayanti, F., dan Iskandar, D. 2021. Efektivitas Ekstrak Daun Matoa (*Pometia pinnata*) sebagai Antibakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. 3(1): 1-8.
- Roston, Paul, R., Safa, G., and Dina, G. 2016. Raman Spectroscopy Review. *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*. 6(1): 50-64.
- Saifullah, B., Kalaivani, B., Rabia, B. S., Farahnaz, B., Sharida, F., Mohd, A. M. M., and Mohd, Z. H. 2018. Graphene Oxide -PEG- Protocatechuic Acid Nanocomposite Formulation with Improved Anticancer Properties. *Journal of Nanomaterials*. 8(10): 1-15.
- Setiabudi, A., Rifan, H., dan Ahmad, M. 2012. *Karakterisasi Material, Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. UPI Press: Bandung.
- Shao, G., Lu, Y., Wu, F., Yang, C., Zeng, F., and Wu, Q. 2012. Graphene Oxide: The Mechanisms of Oxidation and Exfoliation. *Journal of Material Science*. 47(10): 4400-4409.
- Simatupang, H., Nata, A., dan Herlina, N. 2012. Studi Isolasi dan Rendemen Lignin dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(1): 20-24.
- Sitorus, M. L. Erwin, N. A., Rasmulia, S., dan Muhammad, A. S. 2020. Peningkatan Produksi Crude Palm Oil Melalui Kriteria Matang Panen Tandan Buah Segar Untuk Optimalisasi Pendapatan Perusahaan. *Jurnal Ilmiah Magister Agribisnis*. 2(1): 26-32.

- Suedee, A., Supinya, T., and Pharkphoom, P. 2013. Anti-HIV-1 Integrase Compound from *Pometia Pinnata* Leaves. *Pharmaceutical Biology*. Songkhla: Prince of Songkla University.
- Sujatmiko, F. 2020. Biosintesis Komposit Grafena Oksida Tereduksi/ SnO₂ Menggunakan Ekstrak Daun Matoa (*Pometia pinnata*) untuk Degradasi Fotokatalitik Biru Metilena. *Skripsi*. FMIPA Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Suma, Y., Pasukphun, N., and Eaktasang, N. 2021. Adsorption of Methylene Blue by Low-Cost Biochar Derived from Elephant Dung. *Applied Environmental Research*. 43(3): 34-44.
- Sumari, Yana, F. P., Muhammad, R. A., dan Dinar, R. B. 2020. Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai Bajul Mati Kabupaten Malang Menggunakan XRF dan XRD. *Fullerene Journal of Chemistry*. 5(2): 58-62.
- Syakir, N., Nurlina, R., Anam, S., Aprilia A., Hidayat, S., dan Fitriawati. 2015. Kajian Pembuatan Oksida Grafit untuk Produksi Oksida Grafena dalam Jumlah Besar. *Jurnal Fisika Indonesia*. 19 (55): 26-29.
- Taufantri, Y., Irdhawati., I. A., Raka A., dan Asih. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Grafena dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*. 2(1): 17-23.
- Tarcan, R., Boer, T. O., Petrovai, I., Leordean, C., Astilean, S., and Botiz, I., 2020. Reduced Graphene Oxide Today. *Journal of Materials Chemistry*. 8(1): 1198–1224.
- Teow, Y. H., Athirah, W. N., Hamdan, W. M., and Mohammad, A. W. 2021. Preparation of Palm Oil Industry's Biomass-Based Graphene Composite for The Adsorptive Removal of Methylene Blue. *Adsorption Science and Technology: Article*.
- Tewatia, K., Anuradha, S., Mamta, S., and Arun, K. 2020. Synthesis of Graphene Oxide and its Reduction by Green Reducing Agent. *Materials Today: Proceedings*.
- Thebora, S., Kurnia, N. N., dan Muhammad, I. S. 2019. Sintesis Grafena dari Limbah Pelepah Sawit (*Elaeis Sp.*) dengan Metode Reduksi Grafit Oksida Menggunakan Pereduksi Zn. *Jurnal Khazanah Intelektual*. 3(2): 462-476.
- Thema, F. T., Moloto, M. J., Dikio, E. D., Nyangiwe, N. N., Kotsedi, L., Maaza, M., and Khenfouch, M. 2012. Synthesis and Characterization of Graphene Thin Films by Chemical Reduction of Exfoliated and Intercalated Graphite Oxide. *Journal of Chemistry*. 2013(1): 1-6.
- Thoe, J. M. L., Surugau, N., and Chong, H. L. H. 2019. Application of Oil Palm Empty Fruit Bunch as Adsorbent: A Review. *Transactions on Science and Technology*. 6(1): 9-26.

- Tkachev, S. V., Buslaeva, E. Y., Naumkin, A. V., Kotova, S. L., Laura, I. V, and Guvin, S. P. 2012. Reduced Graphene Oxide. *Inorganic Materials*. 48(8): 796-802.
- Verma, S. dan Kim, K. H. 2022. Graphene-Based Materials for The Adsorptive Removal of Uranium in Aqueous Solutions. *Environment International*. 158(106944): 1-18.
- Wijayanti, I. E. dan Kurniawati E. A. 2019. Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Abu Gosok Sebagai Adsorben. *Jurnal Kimia dan Pendidikan (EduChemia)*. 4(2): 175-184.
- Wijayanti, R. 2009. *Arang Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. FMIPA IPB: Bogor.
- Wulandari, L., Nugraha, A. S., dan Himmah, U. A. 2021. Penentuan Aktivitas Antioksidan dan Antidiabetes Ekstrak Daun Matoa (*Pometia pinnata* J. R. Forst. & G. Forst.) Secara In Vitro. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*. 11(2): 132-141.
- Yohan, Wicaksana, A., Simbolon, S., dan Maulana, A. 2020. Chemical Vapour Deposition Reactor Design for Graphene Synthesis. *Jurnal Teknik Mesin*. 2(1): 1-5.
- Yustinah, Hudzaifah, Aprilia, M., dan Syamsudin, A. B. 2020. Keseimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch. *Jurnal Konversi*. 9(1): 17-28.
- Zannah, M. 2020. Isoterm Adsorpsi Metilen Biru oleh Biochar dari Kulit Singkong (*Manihot esculenta* cranz) yang Dimodifikasi Menggunakan Magnetit (Fe_3O_4). *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.