SINTESIS DAN KARAKTERISASI GRAPHENE OXIDE BERBASIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SERTA KINETIKA ADSORPSINYA TERHADAP METILEN BIRU

MAULANA ARDIAN VIRGO

NIM H1031211084

SKRIPSI

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2026

SINTESIS DAN KARAKTERISASI GRAPHENE OXIDE BERBASIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SERTA KINETIKA ADSORPSINYA TERHADAP METILEN BIRU

MAULANA ARDIAN VIRGO

NIM H1031211084

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains pada Program Studi Kimia



PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Sintesis dan Karakterisasi Graphene Oxide Berbasis Tandan Kosong Kelapa Sawit Serta Kinetika Adsorpsinya Terhadap Metilen Biru
Nama	:	Maulana Ardian Virgo
NIM	:	H1031211084
Jurusan/Program Studi	:	Kimia/S1-Kimia
Tanggal Lulus	:	01 Juli 2026
SK Pembimbing	:	No.3983/DST/UN22.8/DT.00/2026 / 9 Juli 2026
SK Penguji	:	No.4073/DST/UN22.8/DT.00/2026 / 13 Juli 2026

Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Dr. Lia Destiarti, S.Si., M.Si
NIP. 198312022008122002

Pembimbing II

Dr. Ari Widiyantoro, S.Si., M.Si
NIP. 197304012000121001

Dosen Penguji

Ketua Penguji

Dr. Anis Shofiyani, S.Si., M.Si
NIP. 197311152000122001

Anggota penguji

Firman Shantya Budi, S.Pd., M.Sc
NIP. 198905292023211027

Pimpinan Sidang
(merangkap anggota penguji)

Dr. Lia Destiarti, S.Si., M.Si
NIP. 198312022008122002

Anggota Penguji
(merangkap anggota penguji)

Dr. Ari Widiyantoro, S.Si., M.Si
NIP. 197304012000121001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP. 197108022000031001

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Maulana Ardian Virgo
NIM	: H1031211084
Program Studi/Jurusan	: Kimia/S1-Kimia
Fakultas	: MIPA

Dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran akademik sesuai peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 01 Juli 2026



Maulana Ardian Virgo

H1031211084

Dipindai dengan CamScanner

SINTESIS DAN KARAKTERISASI GRAPHENE OXIDE BERBASIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SERTA KINETIKA ADSORPSINYA TERHADAP METILEN BIRU

Abstrak

Limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesis *graphene oxide* (GO). Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi *graphene oxide* (GO) berbasis TKKS serta menguji kemampuan adsorpsinya terhadap metilen biru. Sintesis GO dilakukan menggunakan metode modifikasi *hummers* melalui tahap karbonisasi, grafitisasi dan oksidasi menggunakan campuran H_2SO_4/H_3PO_4 dan $KMnO_4$. Karakterisasi material dilakukan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), Fouruer Transform Infrared (FTIR), Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX). Raman Spectroscopy dan UV-Vis. Hasil XRD menunjukkan terjadinya pergeseran puncak difraksi pada $2\theta \approx 22{,}04°$ dengan d-spacing 4,030 Å yang menandakan keberhasilan oksidasi grafit. Analisis FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus fungsi O-H, C=O, C-O-C dan C=C pada permukaan GO. Hasil SEM-EDX memperlihatkan morfologi berupa lembaran berlapis dan berkerut, sedangkan EDX menunjukkan kandungan karbon sebesar 80,04% dan oksigen 19,96%. Uji adsorpsi menunjukkan GO memiliki efisiensi adsorpsi metilen biru tertinggi sebesar 94,75% pada waktu kontak 120 menit. Graphene oxide berbasis TKKS berpotensi sebagai adsorben efektif untuk pengolahan limbah zat warna.

Kata kunci: adsorpsi, *graphene oxide*, metilen biru, metode Hummers, tandan kosong kelapa sawit

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF GRAPHENE OXIDE FROM OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES AND ITS ADSORPTION KINETIC FOR METHYLENE BLUE

Abstract

Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) waste, due to its high carbon content, presents significant potential as a raw material for graphene oxide (GO) synthesis. This study focuses on the synthesis and characterization of GO derived from OPEFB and evaluates its adsorption capacity for methylene blue dye. The synthesis followed a modified Hummers method, involving carbonization, graphitization, and oxidation steps with H2SO4/H3PO4 and KMnO4 as oxidizing agents. Material characterization was performed using X-ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy, Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX), Raman Spectroscopy, and UV-Vis spectroscopy. XRD analysis revealed a shift in the diffraction peak at $2\theta \approx 22.04°$, corresponding to a d-spacing of 4.030 Å, indicating successful graphite oxidation. FTIR spectra confirmed the presence of O-H, C=O, C-O-C, and C=C functional groups on the GO surface. SEM-EDX analysis showed a characteristic layered and wrinkled morphology, with EDX results indicating a carbon content of 80.04% and oxygen content of 19.96%. Adsorption studies demonstrated that GO achieved a maximum methylene blue removal efficiency of 94.75% at 120 minutes contact time. These findings suggest that OPEFB-based graphene oxide is a promising adsorbent for dye-laden wastewater treatment.

Keywords: adsorption, graphene oxide, methylene blue, Hummers method, oil palm empty fruit bunches

PRAKATA

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh. Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa karena atas berkat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi *Graphene Oxide* Berbasis Tandan Kosong Kelapa Sawit serta Kinetika Adsorpsinya terhadap Metilen Biru" untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

Skripsi ini menyelidiki tentang karakteristik *graphene oxide* yang disintesis menggunakan metode modifikasi Hummers dari tandan kosong kelapa sawit. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi *graphene oxide* terhadap efisiensi adsorpsi metilen biru.

Penulis menyadari bahwa tanpa pertolongan Allah SWT serta dukungan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, Suhardi (Ayah), Halianti (Ibu) dan dan Saudara kandung penulis yaitu Vika Ardian Ramadani atas doa, dukungan, dana dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
3. Dr. Anis Shofiyani, S.Si., M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
4. Dr. Winda Rahmalia, S.Si., M.Si. selaku Koordinator Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
5. Dr. Lia Destiarti, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir I yang memberikan saran, motivasi, dukungan, dan mendampingi selama penelitian dan penulisan tugas akhir ini.
6. Dr. Ari Widiyantoro, S.Si., M.Si, selaku dosen pembimbing tugas akhir II dan dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran, dukungan,

motivasi, dan bimbingan selama proses perkuliahan di Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

7. Dr. Anis Shofiyani, S.Si, M.Si dan Firman Shantya Budi, S.Pd, M.Sc selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan kritik dan saran yang vi membangun selama proses penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. Prof. Rudiyansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku kepala laboratorium yang telah memberikan izin lembur dan penggunaan alat laboratorium kepada penulis.
9. Yoga Pratama, S.Si., M.Si dan Titiek Lestari, S.Si., M.Si selaku laboran yang membantu penulis dalam menyediakan alat dan bahan selama penelitian.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat secara luas. Skripsi ni juga diharapkan dapat memicu penelitian lebih lanjut di bidang yang relavan, sehingga dapat memberikan manfaat lebih luas bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Pontianak, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
Abstrak iv
Abstract ..... *v*
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit 5
2.2 *Graphene oxide* (GO) 6
2.3 Metilen Biru 7
2.4 Karakterisasi 8
2.4.1 X-Ray Diffraction (XRD) 8
2.4.2 Fourier Transform Infrared (FTIR) 9
2.4.3 Scanning Electron Microscopy (SEM) 10
2.4.4 Raman Spectrocopy 11
2.4.5 Spektrofotometer UV-Vis 12
BAB III METODOLOGI 14
3.2.1 Alat 14
3.2.2 Bahan 14
3.3.1 Preparasi Sampel 15

3.3.2 Grafitisasi Hasil Karbonisasi 15
3.3.3 Sintesis Graphene Oxide 15
3.3.4 Uji Aktivitas Metilen Biru..... 16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 18
4.1 Preparasi Karbonisasi Tandan Kosong Kelapa Sawit..... 18
4.2 Grafitisasi Hasil Karbonisasi 19
4.3 Sintesis *GO* Menggunakan Metode Modifikasi Hummers..... 19
4.4 Kinetika Adsorpsi Metilen Biru..... 31
BAB V SIMPULAN DAN SARAN..... 39
DAFTAR PUSTAKA 40
LAMPIRAN..... 45

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Perandingan sudut 2θ karbon, grafit dan graphene oxide..... 22
Tabel 4.2 Bilangan gelombang FTIR gugus fungsi grafit dan graphene oxide 24
Tabel 4.3 Komponen EDX sampel graphene oxide tandan kosong kelapa sawit. 27
Tabel 4.4 Hasil serapan (%) yang teradsorpsi oleh material yang berbeda..... 32
Tabel 4.5 Model kinetika adsorpsi MB oleh adsorben TKKS 34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tandan kosong kelapa sawit 5
Gambar 2. 2 Skema pembuatan graphene dari grafit. 6
Gambar 2. 3 Struktur metilen biru 7
Gambar 2. 4 Hasil XRD dari analisis graphene oxide 8
Gambar 2. 5 Spektrum FTIR film graphene oxide. 10
Gambar 2. 6 Analisis morfologi SEM pada graphene oxide 11
Gambar 2. 7 Spektrum raman pada graphene oxide. 12
Gambar 2. 8 Grafik absorbansi metilen biru (Widihati et al 13
Gambar 4.1 Tampak fisik karbon 19
Gambar 4.2 Tampak fisik grafit 20
Gambar 4.3 Pola difraksi GO dibandingkan dengan grafit dan karbon 21
Gambar 4.4 Spektrum FTIR grafit dan graphene oxide 23
Gambar 4. 5 Morfologi SEM tandan kosong kelapa sawit 25
Gambar 4. 6 Hasil EDX (a) Karbon (b) Grafit (c) GO 26
Gambar 4. 7 Raman spectroscopy dari graphene oxide 28
Gambar 4. 8 Kurva serapan maksimum 31
Gambar 4. 9 Pengaruh waktu kontak terhadap persen adsorpsi MB 32
Gambar 4. 10 Kurva kinetika reasi pseudo orde 1 35
Gambar 4. 11 Kurva kinetika reasi pseudo orde 2 36
Gambar 4. 12 Kurva kinetika reaksi t (menit) vs t/q 37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian 45
Lampiran 2. Bagan Alir Penelitian 47
Lampiran 3. Perhitungan 52
Lampiran 4 Bukti Karakterisasi 65

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan komoditas utama di Indonesia, yang dikenal sebagai negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia sekaligus pemasok utama minyak sawit mentah (CPO). Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 16,833,985 Ha dengan produksi CPO sebesar 46,82 juta ton yang dihasilkan pada tahun 2023. Luas lahan tersebut terdiri dari 753 ribu Ha perkebunan negara, 4,76 juta Ha perkebunan rakyat, dan 6,8 juta Ha perkebunan swasta. Rata-rata, luas lahan perkebunan kelapa sawit meningkat sebesar 5,9% setiap tahunnya selama 10 tahun terakhir (Sitorus et al., 2020). Tandan kosong kelapa sawit terdiri dari berbagai unsur karbon, dengan kandungan karbon berkisar antara 40,93%-68,3% dalam setiap tandan, sehingga dapat digunakan sebagai sumber karbon. Salah satu contoh biomassa yang kaya akan karbon adalah tandan kosong kelapa sawit (May et al., 2019).

Tandan kosong kelapa sawit juga memiliki potensi sebagai bahan baku untuk sintesis oksida grafena. Analisis terhadap tandan kosong kelapa sawit mengandung 52,9% selulosa, 28,0% hemiselulosa dan 18,8% lignin (Joni et al., 2023). Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang merupakan limbah padat dengan persentase terbesar masih belum banyak dimanfaatkan dan kebanyakan hanya menjadi pupuk ataupun makanan ternak. Selain sebagai sumber energi, TKKS juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam sintesis material berbasis karbon, seperti *graphene oxide* (Chen et al., 2018).

Graphene oxide merupakan bentuk teroksidasi dari graphene yang memiliki struktur lembaran dua dimensi dan mengandung berbagai gugus fungsi oksigen pada permukaannya. Material ini banyak digunakan sebagai prekursor dalam sintesis graphene (Sun, 2019). Material ini memiliki konduktivitas termal sebesar 5000 W/mK dan luas permukaan sebesar 2630 m^2/g. Selain itu, *graphene oxide* memiliki konduktivitas listrik yang rendah akibat keberadaan gugus fungsi oksigen

yang mengganggu jaringan ikatan karbon sp^2. Keberadaan gugus oksigen menyebabkan *graphene oxide* bersifat semi konduktor lemah hingga isolator, sehingga konduktivitas listriknya jauh lebih rendah dibanding *graphene* yang memiliki konduktivitas listrik sebesar 340 S cm^{-1}. Hal ini menunjukkan bahwa *graphene oxide* merupakan bahan yang potensial untuk digunakan sebagai prekursor dalam sintesis material karbon.

Graphene oxide dipilih sebagai material adsorben karena memiliki luas permukaan yang tinggi serta mengandung berbagai gugus fungsi oksigen, seperti hidroksil (-OH), epoksi (C-O-C), karbonil (C=O) dan karboksil (-COOH) pada permukaannya. Keberadaan gugus fungsi tersebut dapat meningkatkan interaksi antara adsorben dan adsorbat melalui gaya elektrostatik, ikatan hidrogen, maupun interaksi. Karakteristik tersebut menjadikan *graphene* oxide berpotensi digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan berbagai zat pencemar organik, termasuk metilen biru. Salah satu aplikasi penting dari material berbasis *graphene oxide* adalah dalam proses degradasi zat warna organik yang mencemari lingkungan, seperti metilen biru (Putri & Setiarso, 2020).

Metilen biru merupakan salah satu zat warna dasar yang memiliki struktur senyawa kimia aromatik heterosiklik. Pewarna kationik ini awalnya digunakan untuk mewarnai sutra, kulit, plastik, kertas, serta dalam pembuatan cat dan tinta ukiran. Selain itu, metilen biru juga dapat berasal dari industri kertas dan kosmetik. Dalam industri tekstil, zat warna ini banyak digunakan, namun hanya sekitar 5% yang terserap dalam proses pewarnaan, sementara 95% sisanya terbuang ke badan air, yang berpotensi mencemari lingkungan (Indriyani et al., 2024)

Berdasarkan publikasi oleh Said et al (2023) *reduced graphene oxide* dapat mengadsorpsi metilen biru. Konsentrasi MB yang teradsorpsi meningkat pada konsentrasi awal 30, 40, dan 50 mg/L, namun mengalami penurunan pada 60 dan 70 mg/L. Konsentrasi optimum adsorbat tercapai pada 50 mg/L, di mana jumlah MB yang teradsorpsi mencapai 36,95 mg/L. Peningkatan jumlah MB yang teradsorpsi juga diamati seiring bertambahnya waktu kontak, yakni pada 15, 30, 45 menit. Waktu kontak optimum untuk proses adsorpsi adalah 45 menit. Dibandingkan beberapa penelitian lain, kapasitas adsorpsi *reduced graphene oxide*

ini relatif lebih rendah, dissebabkan oleh perbedaan metode sintesis, luas permukaan dan jumlah gugus fungsi oksigen yang tersisa setelah proses reduksi. Berkurangnya gugus oksigen pada *reduced graphene oxide* menyebabkan jumlah situs aktif menurun, namun peningkatan struktur sp^2 tetap memungkinkan terjadinya interaksi π-π dengan molekul metilen biru sehingga adsorpsi berlangsung secara efektif. Hasil ini menunjukkan bahwa rGO berbasis tandan kosong kelapa sawit berpotensi sebagai adsorben ramah lingkungan untuk pengolahan limbah zat warna (Saron et al., 2025).

Graphene oxide telah banyak dikaji sebagai material adsorben untuk menghilangkan zat warna metilen biru dari larutan, namun sebagian besar penelitian masih menggunakan grafit komersial sebagai sumber karbon. Sementara itu, tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah biomassa yang melimpah dan memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesis *graphene oxide*. Sedangkan penelitian mengenai sintesis *graphene oxide* berbasis tandan kosong kelapa sawit menggunakan metode modifikasi Hummers, karakterisasi sifat material yang dihasilkan, serta kajian pengaruh variasi waktu terhadap kapasitas dan model kinetika adsorpsi metilen biru masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi *graphene oxide* berbasis tandan kosong kelapa sawit serta mengevaluasi pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas dan model kinetika adsorpsi metilen biru.

Berdasarkan uraian tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh *graphene oxide* dengan metode modifikasi Hummers. Metode modifikasi Hummer memiliki peran penting dalam sintesis sampel *graphene oxide* dari bubuk grafit (Fauzi et al., 2021). Hasil sintesis *graphene oxide* selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *X-Ray diffraction* (XRD), *raman spectroscopy*, *fourier Transform Infrared* (FTIR), *scanning electron microscopy* (SEM) dan spektrofotometer UV-Vis. Pada produk hasil sintesis dilakukan uji aktivitas kemampuan material dalam mengadsorpsi metilen biru.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik *graphene oxide* yang disintesis menggunakan metode modifikasi Hummers dari bahan dasar tandan kosong kelapa sawit?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu terhadap kapasitas dan kinetika adsorpsi metilen biru menggunakan *graphene oxide* berbasis tandan kosong kelapa sawit?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan khusus riset ini yaitu sebagai berikut.

1. Menganalisis karakteristik *graphene oxide* yang disintesis menggunakan metode modifikasi Hummers dari tandan kosong kelapa sawit.
2. Menganalisis pengaruh variasi waktu terhadap kapasitas dan menentukan model kinetika adsorpsi metilen biru menggunakan *graphene oxide* berbasis tandan kosong kelapa sawit.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan metode sintesis *graphene oxide* dari limbah tandan kosong kelapa sawit, mendukung prinsip keberlanjutan, dan memberikan referensi ilmiah mengenai karakteristik *graphene oxide*. Selain itu, penelitian ini diharapkan memberikan solusi aplikatif untuk meningkatkan efisiensi adsorpsi metilen biru, sehingga berkontribusi pada pengolahan limbah cair yang lebih efektif dan ramah lingkungan