SINTESIS OKSIDA GRAFENA TEREDUKSI (rGO) BERBAHAN DASAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN VARIASI DAYA *MICROWAVE* SEBAGAI SERAPAN ION BESI (Fe)

ISMUHANI
H1021211012

SKRIPSI

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

SINTESIS OKSIDA GRAFENA TEREDUKSI (rGO) BERBAHAN DASAR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DENGAN VARIASI DAYA *MICROWAVE* SEBAGAI SERAPAN ION BESI (Fe)

ISMUHANI
H1021211012

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Fisika

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (rGO) Berbahan Dasar Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Variasi Daya *Microwave* sebagai Serapan Ion Besi (Fe)
Nama Mahasiswa	: Ismuhani
NIM	: H1021211012
Jurusan/Program Studi	: Fisika/Fisika
Tanggal Lulus	: 31 Juli 2025
SK Pembimbing	: No. 1089/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal: 18 April 2024
SK Penguji	: No. 2327/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal: 18 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Dwiria Wahyuni, S.Si., M.Sc.	Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si.
NIP198206082008122001	NIP198801192024212001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Boni Pahlanop Lapanporo, S.Si., M.Sc.	Yudha Arman, S.Si., M.Si., D.Sc.
NIP198011102005011002	NIP197805132003121002

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Dwiria Wahyuni, S.Si., M.Sc.	Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si.
NIP198206082008122001	NIP198801192024212001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Ismuhani
NIM	: H1021211012
Program Studi/ Jurusan	: Fisika/Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas 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 sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 19 September 2025



Ismuhani
NIM H1021211012

Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (rGO) Berbahan Dasar Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Variasi Daya *Microwave* sebagai Serapan Ion Besi (Fe)

Abstrak

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah biomassa yang melimpah dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku material karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis oksida grafena tereduksi (rGO) berbahan dasar TKKS dengan variasi daya *microwave* serta mengevaluasi efisiensinya sebagai adsorben ion besi (Fe) dalam air. Proses sintesis diawali dengan dehidrasi TKKS pada suhu 110°C hingga massa konstan, dilanjutkan dengan karbonisasi pada suhu 500°C selama 3 jam untuk menghasilkan serbuk karbon. Serbuk karbon kemudian dioksidasi menggunakan metode Hummer termodifikasi untuk menghasilkan grafena oksida (GO) yang selanjutnya direduksi dengan variasi daya *microwave* sebesar 300, 500, dan 800 watt. Hasil karakterisasi morfologi menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan morfologi antara GO dan rGO yang disintesis yaitu berbentuk serpihan dan lembaran. Pada daya 300 watt, struktur rGO lebih terbuka dan berpori sehingga memberikan efisiensi adsorpsi ion besi tertinggi sebesar 53,93%. Efisiensi menurun pada daya 500 dan 800 watt masing-masing menjadi 47,19% dan 42,70%. Daya *microwave* yang terlalu tinggi cenderung menyebabkan agregasi partikel dan menurunkan luas permukaan aktif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rGO berbahan dasar TKKS berpotensi sebagai material adsorben untuk mengurangi kadar ion besi dalam air.

Kata kunci: adsorpsi, daya *microwave*, ion besi, TKKS, rGO.

Synthesis of Reduced Graphene Oxide (rGO) Based on Oil Palm Empty Fruit Bunches (EFB) with Microwave Power Variations as Iron (Fe) Ion Adsorbent

Abstract

Empty fruit bunches (EFB) of oil palm are abundant biomass waste with potential to be utilized as raw material for carbon-based materials. This study aims to synthesize reduced graphene oxide (rGO) derived from EFB with variations in microwave power and to evaluate its efficiency as an adsorbent for iron (Fe) ions in water. The synthesis process began with the dehydration of EFB at 110°C until constant mass was achieved, followed by carbonization at 500°C for 3 hours to produce carbon powder. The carbon powder was then oxidized using the modified Hummer's method to produce graphene oxide (GO), which was subsequently reduced using microwave irradiation at power levels of 300, 500, and 800 watt. Morphological characterization using scanning electron microscope (SEM) showed differences between GO and rGO structures, where GO exhibited flake-like morphology and rGO formed sheet-like structures. At 300 watt, rGO showed a more open and porous structure, resulting in the highest iron ion adsorption efficiency of 53.93%. The efficiency decreased at 500 and 800 watt to 47.19% and 42.70%, respectively. Excessively high microwave power tended to cause particle aggregation and reduce the active surface area. This study demonstrates that rGO synthesized from EFB has great potential as an adsorbent material for reducing iron ion concentration in water.

Keywords: adsorption, microwave power, iron ions, EFB, rGO.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **"Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (rGO) Berbahan Dasar Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Variasi Daya *Microwave* sebagai Serapan Ion Besi (Fe)".** Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura Pontianak. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Durmin dan Ibu Wahidah yang selalu mendoakan, menasehati, mendukung, memotivasi dan memberi semangat kepada penulis dari lahir hingga penulis sampai dititik dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Dwiria Wahyuni, S.Si., M.Sc. selaku dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Boni Pahlanop Lapanporo, S.Si., M.Sc. selaku dosen Penguji I yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, saran dan masukan.
5. Bapak Yudha Arman, S.Si., M.Si., D.Sc. selaku dosen Penguji II yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, saran dan masukan.
6. Bapak Yuris Sutanto, S.Si., M.Sc. selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberi bimbingan, motivasi, saran dan masukan selama penulis menempuh masa studi hingga menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Ibu Dosen dan staf jurusan fisika yang telah membantu dan memberikan ilmu selama penulis menempuh masa studi hingga menyelesaikan skripsi ini.

8. Saudara penulis, Iwan (Alm Along), Riwana (Angah), Hendri (Ude), Eliansyah (Alm Uning), Jeri (Acik), Riana (Uteh), Yunengsih (Anjang) dan Ela Lestari (Endek) yang selalu memberikan semangat dan dukungan yang luar biasa kepada anak terakhir ini baik secara moril dan materil, yang selalu percaya pada kemampuan penulis dan memberikan dorongan agar tetap melangkah maju.
9. Keponakan penulis, Nurul Fatihah (Kak Long), Husna Febriyanti (Kak Una), Samawati (Kak Sama), Fatan Abdussalam (Bang Atan), Muhammad Akbar (Bang Abar), Nancy Syakira (Cici) dan Salsabila (Caca) yang menjadi semangat penulis dan tetap akan menjadi semangat penulis dalam hal apapun.
10. Semua keluarga besar yang telah mendukung dan membantu baik secara moril maupun non moril selama penulis menempuh perkuliahan.
11. Sahabat penulis, Elsa Narulita, Latifah Tri Amanda, Nailah Uzma Zahendra, Michael Klan Lie, Raja Mahendra, Miftahul Jannah S.H, Novi yang menyebar menjadi Jck *Fanbase*, HimaFismat, dan Nihao Natuna yang telah membersamai dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Rekan-rekan asisten Laboratorium Fisika Dasar dan abang-abang Laboran Fisika Dasar dan Fisika Lanjut, Bang Ijal dan Bang Ucup yang telah membantu penulis serta selalu memberikan ilmu dan masukkan berharga kepada penulis.
13. Dea Maulina, Rahmawati dan Mawar Saron selaku kakak tingkat yang selalu baik kepada penulis, yang membantu penulis dalam melakukan penelitian, serta tempat bertukar pikiran.
14. Teman-teman SMA penulis, Inong Saskya, Eva Devianti, Yolanda Tiara Dewi, Ema Ervina, Tiara Agustin dan Astira yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
15. Pengurus Harian Himafis Periode 2023/2024, kakak abang dan pengurus BEM FMIPA Kabinet Kanca Wikara yang menjadi bagian dan pengalaman penulis selama perjalanan studi ini.

16. Keluarga besar PhyXXIs (Fisika angkatan 2021) yang memuat 24 Sirkel yang telah membersamai dari mahasiswa baru hingga penulis menyelesaikan skripsi ini. Adik-adik Megatra (Fisika angkatan 2023) yang telah mendukung penulis dalam meyelesaikan skripsi ini.
17. *Last but not least*, pemilik NIM H1021211012 yang pada saat ini berusia 22 tahun yang telah berusaha dan menyelesaikan tanggungjawab terutama kepada diri sendiri dan orang tua salah satunya dalam bentuk skripsi ini.
18. Semua pihak yang terlibat dalam proses penulisan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis,

Ismuhani

DAFTAR ISI

PRAKATA vi
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 2
BAB II DASAR TEORI 4
2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit 4
2.2 Oksida Grafena Tereduksi 5
2.3 Metode Hummer Termodifikasi 6
2.4 Metode Iradiasi *Microwave* 7
2.5 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 11
3.2 Alat dan Bahan 11
3.3 Prosedur Kerja 11
3.4 Diagram Alir Penelitian 15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 17
4.1 Hasil Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (rGO) 17
4.2 Analisis SEM GO dan rGO 21
4.3 Analisis Efisiensi rGO 23
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 26
5.1 Kesimpulan 26
5.2 Saran 26
DAFTAR PUSTAKA 27
LAMPIRAN 30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tandan kosong kelapa sawit 4
Gambar 2.2 Struktur kimia GO (Ghulam et al., 2022)..... 5
Gambar 2.3 Struktur kimia rGO (Ghulam et al., 2022) 6
Gambar 2.4 Titik pengambilan contoh uji air untuk IPA yang mengolah sumber air permukaan bukan air laut (Badan Standardisasi Nasional, 2024) ... 10
Gambar 3.1 Proses dehidrasi TKKS pada suhu 110°C 11
Gambar 3.2 Karbonisasi TKKS menggunakan furnace 12
Gambar 3.3 Sintesis GO menggunakan metode Hummer termodifikasi 13
Gambar 3.4 Sintesis rGO dengan metode iradiasi microwave 13
Gambar 3.5 Keran sumber air Perumdam Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak..... 14
Gambar 3.6 Aplikasi rGO pada sampel air 14
Gambar 3.7 Hanna Iron Checker HC-H1721..... 15
Gambar 3.8 Diagram alir penelitian. 16
Gambar 4.1 Morfologi Citra SEM pembesaran 1000× (a) GO dan (b) rGO variasi daya 300 watt 21
Gambar 4.2 Perbandingan sampel air tanpa dan setelah perlakuan rGO pada variasi daya a) tanpa rGO, b) 300 watt, c) 500 watt, dan d) 800 watt. 23

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rendemen hasil dehidrasi TKKS 18
Tabel 4.2 Rendemen hasil karbonisasi TKKS 19
Tabel 4.3 Hasil uji efisiensi rGO..... 24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Sintesis 30
Lampiran 2. Perhitungan Rendemen Dehidrasi TKKS..... 30
Lampiran 3. Perhitungan Rendemen Karbonisasi TKKS 30
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian..... 31

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kalimantan Barat merupakan salah satu provinsi terbesar penghasil kelapa sawit di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) luas perkebunan sawit di Kalimantan Barat mencapai 1.467.863 Hektar pada tahun 2023 sehingga berkontribusi besar dalam menghasilkan limbah dari perkebunan kelapa sawit. Salah satu limbah organik yang dihasilkan dari industri kelapa sawit ialah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

TKKS merupakan salah satu limbah lignoselulosa paling melimpah dari industri kelapa sawit. Limbah ini memiliki kandungan karbon yang tinggi dan berpotensi besar untuk diolah menjadi material bernilai tambah, khususnya dalam bidang material karbon fungsional sebagai bahan baku material karbon seperti grafena oksida (GO) dan oksida grafena tereduksi (rGO).

Dalam proses reduksi GO menjadi rGO, metode konvensional seperti pemanasan atau penggunaan agen reduktor kimia seringkali membutuhkan waktu dan berbahaya. Metode reduksi menggunakan iradiasi *microwave* dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih cepat, efisien, dan ramah lingkungan. Teknologi ini memungkinkan proses pemanasan merata tanpa tambahan bahan kimia. Penelitian dilakukan oleh Rahayu *et al.*, (2020), menunjukkan bahwa peningkatan daya *microwave* dari 450 watt hingga 900 watt dapat mempercepat proses reduksi dan menghasilkan rGO struktur yang lebih optimal dan dapat meningkatkan efisiensi proses reduksi.

Sementara itu, permasalahan pencemaran logam berat pada sumber air menjadi isu yang semakin mengkhawatirkan, termasuk di wilayah Kalimantan Barat. Sungai Kapuas merupakan sumber utama air bagi kebutuhan masyarakat, industri, serta sebagai air baku untuk pengolahan air bersih oleh Perusahaan Umum Daerah Air Minum (Perumdam) Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. Salah satu kontaminan yang umum ditemukan adalah ion besi (Fe), yang dapat berasal dari pelapukan batuan maupun aktivitas manusia di sekitar sungai. Penggunaan material

adsorben berbasis karbon seperti rGO dapat menjadi salah satu solusi alternatif. Material rGO terbukti efektif dalam menurunkan kandungan logam berat dan kontaminan air (Sarmiento *et al.*, 2023).

Dalam bidang adsorpsi grafena, GO dan rGO dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk pengembangan adsorben logam berat dekontaminasi (Ikram *et al.*, 2020). Material rGO dikenal memiliki luas permukaan yang besar, porositas tinggi, dan gugus fungsional aktif yang menjadikannya sebagai adsorben yang sangat efektif untuk ion logam berat, termasuk ion besi (Fe). Penelitian oleh Sarmiento *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa baik GO maupun rGO mampu menyerap ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} dari larutan air secara signifikan.

Berdasarkan pemaparan mengenai kandungan TKKS yang berpotensi sebagai bahan dasar material adsorben serta efisiensi metode iradiasi *microwave*, maka dalam penelitian ini TKKS disintesis menjadi rGO menggunakan metode reduksi dengan variasi daya *microwave* kemudian dianalisis efisiensi material rGO dalam mengurangi kadar ion besi (Fe) dalam air.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rGO dari TKKS yang disintesis sebagai adsorben?
2. Bagaimana pengaruh daya *microwave* terhadap efisiensi material rGO yang disintesis dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi daya *microwave* yang digunakan adalah 300, 500, dan 800 watt.
2. Metode yang digunakan untuk mensintesis GO adalah metode Hummer termodifikasi.
3. Metode yang digunakan untuk mereduksi GO menjadi rGO adalah metode iradiasi *microwave*.
4. Sampel air yang digunakan adalah air Sungai Kapuas yang diambil dari air keran sumber Perumdam Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis rGO yang disintesis dari TKKS sebagai adsorben.
2. Menganalisis pengaruh daya *microwave* terhadap efisiensi material rGO yang disintesis dalam menurunkan konsentrasi besi (Fe).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan tentang pengaruh daya *microwave* terhadap efisiensi rGO sebagai agen serapan besi serta menjadi salah satu sumber acuan dalam penelitian-penelitian yang akan datang.