SINTESIS KARBON AKTIF DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)/ZnO TERDEPOSISI PADA POLISTIRENA UNTUK MEREDUKSI KADAR BESI (Fe) DALAM AIR GAMBUT

NANDA AYU APRIYANI
NIM H1021211028

SKRIPSI

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

SINTESIS KARBON AKTIF DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)/ZnO TERDEPOSISI PADA POLISTIRENA UNTUK MEREDUKSI KADAR BESI (Fe) DALAM AIR GAMBUT

NANDA AYU APRIYANI
NIM H1021211028

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 Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)/ZnO Terdeposisi pada Polistirena untuk Mereduksi Kadar Besi (Fe) dalam Air Gambut
Nama Mahasiswa	: Nanda Ayu Apriyani
NIM	: H1021211028
Jurusan/Program Studi	: Fisika/Fisika
Tanggal Lulus	: 30 Januari 2025
SK Pembimbing	: No. 1093/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal: 18 April 2024
SK Penguji	: No. 22/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal: 20 Januari 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Dr. Dwiria Wahyuni, S.Si, M.Sc.
NIP198206082008122001

Pembimbing II

Mega Nurhanisa, S.Si, M.Si.
NIP198801192024212001

Dosen Penguji

Ketua Penguji

Yudha Arman, S.Si., M.Si, D,Sc.
NIP197805132003121002

Anggota Penguji

Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP198412162008121003

Pimpinan Sidang
(merangkap anggota penguji)

Dr. Dwiria Wahyuni, S.Si, M.Sc.
NIP198206082008122001

Sekretaris Sidang
(merangkap anggota penguji)

Mega Nurhanisa, S.Si, M.Si.
NIP198801192024212001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

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

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Nanda Ayu Apriyani
NIM	: H1021211028
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 pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 17 Desember 2024



Nanda Ayu Apriyani
NIMH1021211028

Sintesis Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)/ZnO Terdeposisi pada Polistirena untuk Mereduksi Kadar Besi (Fe) dalam Air Gambut

Abstrak

Air gambut merupakan salah satu sumber air yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat, meskipun memiliki kandungan besi (Fe) yang melebihi standar kesehatan. Kadar Fe yang tinggi menyebabkan air berwarna kecoklatan, berbau logam, serta berdampak buruk terhadap kesehatan manusia, seperti iritasi kulit dan gangguan pada dinding usus. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kadar Fe dalam air gambut menggunakan komposit karbon aktif (KA), seng oksida (ZnO), dan polistirena (PS) sebagai material penyerap. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS), yang kaya akan lignoselulosa, dikonversi menjadi KA melalui proses aktivasi fisika menggunakan *microwave* pada daya 600 watt selama 15 menit. Modifikasi komposit dilakukan dengan menambahkan semikonduktor ZnO dan polistirena (PS) untuk meningkatkan efektivitas reduksi Fe. ZnO berperan dalam mengendapkan Fe dari air gambut, sedangkan PS berfungsi sebagai pengikat komposit KA dan ZnO. Penelitian ini mengevaluasi efektivitas komposit KA/ZnO/PS dalam menyerap kadar Fe serta menentukan kondisi optimum waktu kontak dengan air gambut. Persentase reduksi terbaik yang dilakukan oleh KA/ZnO/PS yaitu pada waktu kontak 4 jam dengan reduksi mencapai 74,01%.

Kata Kunci: karbon aktif, tandan kosong kelapa sawit, seng oksida, reduksi kadar besi, katalisis.

Synthesis of Activated Carbon from Oil Palm Empty Fruit Bunches (EFB)/ZnO Deposited on Polystyrene for Reducing Iron (Fe) Levels in Peat Water

Abstract

Peat water is a water source often utilized by communities despite containing iron (Fe) levels that exceed health standards. High Fe concentrations cause brownish coloration, a metallic odor, and adverse health effects, such as skin irritation and damage to intestinal walls. This study aims to reduce Fe levels in peat water using a composite of activated carbon (AC), zinc oxide (ZnO), and polystyrene (PS) as an adsorbent material. Empty fruit bunches of oil palm (EFB), rich in lignocellulose, are converted into activated carbon through physical activation using microwaves at 600 watts for 15 minutes, achieving an adsorption efficiency of 74,01%. The composite modification is carried out by adding the ZnO semiconductor and polystyrene (PS) to enhance Fe reduction effectiveness. ZnO acts to precipitate Fe from peat water, while PS functions as a binder for the AC and ZnO composite. This study evaluates the effectiveness of the KA/ZnO/PS composite in reducing Fe content and determines the optimal contact time with peat water. The best reduction percentage achieved by KA/ZnO/PS was observed at a contact time of 4 hours, with a reduction reaching 74.01%.

Keywords: *activated carbon, empty palm oil bunches, zinc oxide, iron reduction, catalysis.*

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Sintesis Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)/ZnO Terdeposisi pada Polistirena untuk Mereduksi Kadar Besi (Fe) dalam Air Gambut". Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan selesainya SI dalam Program Studi Fisika. Selama perkuliahan dan penelitian, penulis mendapat banyak bantuan secara moral maupun materiil. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura, Bapak Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si. yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti perkuliahan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura dengan lancar.
2. Ketua Program Studi Fisika Universitas Tanjungpura, Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si. yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti perkuliahan di Program Studi Fisika Universitas Tanjungpura.
3. Ibu Dr. Dwiria Wahyuni, S.Si., M.Sc. selaku dosen Pembimbing 1 yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan arahan, bimbingan, masukan dan motivasi kepada penulis.
4. Ibu Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penulis.
5. Bapak Yudha Arman, S.Si., M.Si, D,Sc. selaku dosen Penguji 1 yang telah membimbing, memberikan arahan serta masukan kepada penulis.
6. Bapak Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen Penguji 2 yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penulis.
7. Bapak Zulfian, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan dorongan dan masukan selama perkuliahan.

8. Seluruh dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah mengajar dan memberikan wawasan kepada penulis tentang ilmu fisika.
9. Seluruh staf pengajar dan civitas Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah mendukung dan memberikan bantuan berupa fasilitas kegiatan penelitian dan skripsi.
10. Kepada orang tua dan saudara penulis yang senantiasa mendoakan, memotivasi, mendukung secara emosi maupun materiil kepada penulis selama perkuliahan.
11. Kakak dan abang Lab Fisika Lanjut yang telah menemani, membantu, serta memberikan masukan kepaada penulis selama penelitian yaitu Ya' Muhammad Arsyad, S.Si., Doni Damara, Mia Audina, S.Si., Wahyu Nur Aqni, S.Si., Mawar Saron, Niswatul Jannah, S.Si., dan Muhammad Haykal Hafiz Aswan.
12. Tim penelitian DIPA Fisika 2024 yang telah membantu dan memberikan fasilitas kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian.
13. Tim peminatan fisika material yaitu Ismuhani, Elsa Narulita, Nailah Uzma Zahendra atas bantuan dan dukungan.
14. Teman-teman Pyhxxis 2021 yang telah membersamai penulis dari awal perkuliahan hingga akhir perkuliahan.
15. Teman-teman angkatan 2022 dan 2023 yang telah memberikan semangat kepada penulis dari awal perkuliahan hingga akhir perkuliahan.
16. Teman-teman penulis yaitu Deva Fitria, Nurul Nadiyanti, dan Syafa Safira Dwi Firdayanti.

Pontianak, 17 Desember 2024

Nanda Ayu Apriyani

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
Abstrak iv
Abstract v
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II DASAR TEORI 5
2.1 Kandungan Besi pada Air Gambut 5
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) 6
2.3 Karbon Aktif (KA) 7
2.4 Seng Oksida (ZnO) 9
2.5 Polistirena (PS) 10
2.6 Aktivasi Gelombang Mikro 11
2.7 Daya Adsorpsi 11
2.8 Spektroskopi Serapan Atom (SSA) 13
BAB III METODOLOGI 14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 14
3.2 Alat dan Bahan 14
3.3 Prosedur Kerja 14
3.3.1 Persiapan sampel 14
3.3.2 Karbonisasi dan aktivasi karbon aktif TKKS 15
3.3.3 Pembuatan komposit ZnO dan karbon aktif 15
3.3.4 Sintesis karbon aktif dan ZnO pada polimer polistirena (PS) 15
3.3.5 Aplikasi dan pengujian 15
3.4 Diagram Alir Penelitian 16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 18
4.1 Karbonisasi TKKS 18
4.2 Aktivasi Karbon Aktif (KA) 19
4.3 Hasil Uji SNI 22
4.3.1 Uji kadar air 22
4.3.2 Uji kadar abu 22
4.3.3 Uji serap metilen biru secara kualitatif 22
4.4 Deposisi Permukaan Polistirena 23
4.5 Aplikasi KA/ZnO/PS untuk Mereduksi Kadar Fe 25

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....32
5.1 Kesimpulan..... 32
5.2 Saran 32
DAFTAR PUSTAKA 33
LAMPIRAN.....36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Air gambut..... 5
Gambar 2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)..... 7
Gambar 2.3 Karbon Aktif (KA)..... 8
Gambar 2.4 Seng oksida (ZnO) 9
Gambar 2.5 Butir plastik polistirena (PS)..... 11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 17
Gambar 4.1 Perubahan warna pada TKKS (a) sebelum dikarbonisasi (b) setelah dikarbonisasi 19
Gambar 4.2 Perubahan warna pada TKKS (a) tanpa karbon aktif dan (b) dengan karbon aktif yang telah disisipi ZnO..... 23
Gambar 4.3 Hasil deposisi (a) ZnO 10%, (b) ZnO 15 %, (c) ZnO 20%, dan (d) ZnO 25% 24
Gambar 4.4 Tampilan visual perubahan warna air gambut oleh komposit KA/ZnO/PS (a) 2 jam, (b) 4 jam, dan (c) 6 jam..... 27
Gambar 4.5 Grafik waktu kontak terhadap kandungan akhir besi..... 29
Gambar 4.6 Perbandingan kandungan akhir besi terhadap konsentrasi ZnO pada waktu tertentu..... 30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan aspek adsorpsi secara fisika dan kimia 13
Tabel 4.1 Perubahan massa TKKS awal karbonisasi dan massa akhir setelah karbonisasi 18
Tabel 4.2 Perubahan massa TKKS sebelum dan sesudah aktivasi 20
Tabel 4.3 Perubahan massa KA/ZnO setelah aktivasi 21
Tabel 4.4 Perubahan massa dan presentase penyusutan pada KA/ZnO/PS setelah deposisi..... 25
Tabel 4.5 Penurunan kadar besi pada konsentrasi ZnO dan waktu kontak aplikasi 26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi penelitian 36
Lampiran 2 Perhitungan 37

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah senyawa yang penting bagi seluruh makhluk hidup. Air yang digunakan harus bersih supaya terhindar dari penyakit. Faktor lingkungan menjadi salah satu upaya yang harus dipertimbangkan dalam menentukan layak atau tidak air yang digunakan oleh masyarakat. Lingkungan berawa memiliki karakteristik kelembapan tinggi dan vegetasi yang kaya, sering kali menghasilkan air yang tidak memenuhi standar kesehatan (Wahyuni et al., 2022). Salah satu air yang tidak memenuhi standar kesehatan namun dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat yaitu air gambut. Menurut Asri et al. (2023), air gambut mengandung logam berat seperti besi (Fe) yang menimbulkan rasa tidak enak, menimbulkan bau pada air, menyebabkan warna kecoklatan, dan berbau logam.

Tingginya kadar Fe dalam air gambut membuatnya kurang layak untuk sanitasi dan konsumsi karena akumulasi Fe dalam tubuh dapat membahayakan kesehatan manusia. Meskipun Fe diperlukan oleh tubuh, konsumsi air yang mengandung Fe berlebih dapat merusak dinding usus. Penggunaan air dengan kadar Fe di atas 1 mg/L dapat mengiritasi mata dan kulit, dan jika kadar Fe melebihi 10 mg/L, air tersebut dapat mengeluarkan bau yang tidak enak (Sumila *et al.*, 2023).

Salah satu alternatif untuk mengurangi kandungan Fe adalah menggunakan bahan polimer organik. Polimer adalah bahan yang terdiri dari molekul-molekul berulang yang membentuk rantai panjang. Rantai-rantai ini terbentuk melalui penyatuan berulang dari unit-unit dasar yang disebut monomer, yang terjadi dalam proses yang dikenal sebagai polimerisasi (Aliah et al., 2014). Bahan polimer organik atau biopolimer yang mengandung lignoselulosa limbah perkebunan kelapa sawit seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat digunakan sebagai bahan untuk reduksi kadar Fe pada air gambut.

TKKS merupakan salah satu jenis limbah padat yang paling banyak dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit (Febriyanti et al., 2019). Setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar (TBS) akan dihasilkan TKKS sebanyak 22–23% TKKS atau sebanyak 220–230 kg TKKS (Salmina, 2017). Bahan organik TKKS mengandung

22,60% lignin, 45,80% selulosa, 71,80% hemiselulosa, 25,90% pentosa, dan 1,60% abu (Harmawanda et al., 2023). Lignoselulosa diketahui memiliki kemampuan menyerap kadar Fe karena mengandung gugus-gugus aktif seperti OH dan COOH (Oktaviani et al., 2024). TKKS dapat dikonversi menjadi karbon aktif (KA) melalui proses aktivasi termal dan kimia (Awitdrus et al., 2018). KA berbasis TKKS memiliki luas permukaan yang besar, struktur pori yang kompleks, dan berbagai gugus fungsi yang membuatnya efektif dalam mengadsorpsi dan mereduksi kadar Fe dari air gambut (Annisa et al., 2023).

Aktivasi KA biasanya dilakukan melalui metode kimia (Harmawanda et al., 2023) dan fisika (Oktaviani et al., 2024). Metode kimia berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Harmawanda et al. (2023) memerlukan biaya yang lebih tinggi serta waktu proses yang lebih lama, sedangkan metode aktivasi fisika berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Oktaviani et al. (2024) cenderung lebih efisien dalam hal biaya dan memerlukan waktu aktivasi yang lebih singkat. Metode fisika menggunakan *microwave* untuk aktivasi KA. *Microwave* bekerja dengan memanfaatkan radiasi elektromagnetik untuk memanaskan KA secara langsung melalui interaksi rotasi dipol dan konduksi ionik. KA yang memiliki sifat baik dalam menyerap gelombang mikro mampu menerima energi dengan cepat dan efisien (Aulia and Khair, 2022). Proses pemanasan dengan *microwave* menghasilkan peningkatan suhu yang cepat dan distribusi suhu yang merata, sehingga menghemat waktu dan energi (Awitdrus et al., 2018). Menurut Oktaviani et al. (2024), KA yang terbuat dari TKKS dengan aktivasi menggunakan *microwave* (gelombang mikro) terbaik adalah pada daya 600 watt selama 15 menit dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 99,3%. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi KA adalah memodifikasi luas permukaan KA dengan menambahkan semikonduktor seperti seng oksida (ZnO) (Rahmawanti and Dony, 2024).

Seng oksida (ZnO) adalah senyawa anorganik yang terdiri dari unsur seng (Zn) dan oksigen (O), berbentuk padat berwarna putih dengan struktur kristal heksagonal (Qosim et al., 2018). ZnO memiliki jarak pita 3,37 eV dengan energi ikatan 60 meV pada suhu ruang dengan struktur yang stabil (Amanda et al., 2022). ZnO memiliki kemampuan untuk mereduksi dan mengendapkan kadar Fe dari air

gambut, sehingga berpotensi digunakan dalam pengolahan air yang terkontaminasi (Gova and Oktasari, 2019). Di sisi lain, dispersi ZnO dalam air dapat menyebabkan air menjadi keruh setelah pengolahan akibat pigmentasinya, sehingga mengurangi efektivitasnya dalam pengolahan air. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan modifikasi material dengan mengikat suatu zat ke dalam polimer menggunakan metode *thermal milling* pada suhu pembelokan panas.

Butir plastik polistirena (PS) merupakan polimer sintetis yang terbuat dari monomer stirena. Butir PS memiliki sifat yang transparan, kaku, dan getas dengan titik leleh antara 240-260°C dan kerapatan sekitar 1,04-1,06 g/cm^3 (Humaira *et al.*, 2022). Sifat mekanis PS ini memiliki karakteristik yang kuat, kaku, dan getas sehingga banyak digunakan dalam pembuatan berbagai produk, seperti perantara untuk merekatkan KA dan ZnO.

Efektivitas perbandingan komposit KA dengan semikonduktor sudah ada dalam penelitian sebelumnya. Variasi rasio yang digunakan adalah TiO_2 10%, 15%, 20%, dan 25%, yang diaplikasikan untuk degradasi larutan *methylene blue* (MB) (Arsyad and Wahyuni, 2024). Namun, aplikasi untuk menyerap kadar Fe dalam air gambut belum banyak diketahui. Selain itu, kajian yang membahas tentang kondisi optimum waktu kontak dengan air gambut masih kurang. Berdasarkan pemaparan yang telah diuraikan tersebut, maka dilakukan penelitian terkait reduksi kadar Fe pada air gambut dengan menggunakan KA/ZnO/PS. Penelitian ini melihat efektivitas KA/ZnO/PS dalam proses reduksi kadar Fe pada air gambut.

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana efektivitas KA/ZnO/PS dalam penurunan kadar Fe pada air gambut?
2. Bagaimana waktu kontak optimum dalam penyerapan kadar Fe pada air gambut?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Air gambut yang digunakan adalah air gambut di daerah Rasau Jaya, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat.
2. Aktivasi KA menggunakan gelombang mikro dengan daya sebesar 600 watt selama 15 menit.
3. Semikonduktor yang digunakan adalah seng oksida (ZnO).
4. Kualitas air gambut yang diuji berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan atau Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis efektivitas KA/ZnO/PS dalam penurunan kadar Fe pada air gambut.
2. Mengkaji waktu kontak optimum dalam penyerapan kadar Fe pada air gambut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan lebih dalam mengenai potensi dan manfaat dari KA/ZnO/PS untuk mereduksi kadar Fe dalam air gambut, sehingga dapat diterapkan dalam penelitian dan pengembangan material serupa di masa depan dan dapat membuka pintu untuk penelitian lebih lanjut dalam pengembangan KA.