IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

OPTIMASI DEMINERALISASI MENGGUNAKAN ASAM NITRAT UNTUK REDUKSI KANDUNGAN ABU BIOPELET TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

DWI JAKSANA MEGAH SANTOSA

PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul "Optimasi Demineralisasi Menggunakan Asam Nitrat untuk Reduksi Kandungan Abu Biopelet Tandan Kosong Kelapa Sawit" adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2026

Dwi Jaksana Megah Santosa
E2501212017

@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

DWI JAKSANA MEGAH SANTOSA. Optimasi Demineralisasi Menggunakan Asam Nitrat untuk Reduksi Kandungan Abu Biopelet Tandan Kosong Kelapa Sawit. Dibimbing oleh DEDE HERMAWAN, SUKMA SURYA KUSUMAH, dan DEDED SARIP NAWAWI.

Ketergantungan pada bahan bakar fosil menyebabkan masalah ketersediaan dan polusi lingkungan, sehingga energi terbarukan seperti biomassa diperlukan sebagai sumber energi alternatif. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS), sebagai limbah padat dari industri kelapa sawit, tersedia dalam jumlah besar di Indonesia dan berpotensi sebagai bahan bakar padat seperti biopelet, namun kandungan abu yang tinggi mengurangi efisiensi pembakaran dan tingginya risiko *fouling* serta *slagging*. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas biopelet EFB melalui perlakuan demineralisasi menggunakan asam nitrat (HNO_3) dengan variasi konsentrasi (1, 3, dan 5%) dan waktu perendaman (10, 30, dan 60 menit). Parameter yang dianalisis meliputi kadar abu, nilai kalor, kandungan kalium, proksimat, dan ultimat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan optimal diperoleh pada konsentrasi 1% selama 10 menit, yang mengurangi kandungan abu dari 10,62% menjadi 3,43-5,45% dan mengurangi kalium hingga 77% (0,087%-0,02%). Selain itu, kandungan karbon terikat meningkat (17,40%-18,09%), sulfur berkurang (0,120%-0,086%), dan nilai kalor meningkat menjadi 4355,83 kal/g. Perlakuan perendaman asam meningkatkan proporsi kadar karbon dan hidrogen, yang berkontribusi pada kualitas pembakaran yang lebih baik. Biopelet memenuhi standar kualitas SNI 8675:2018 untuk penggunaan rumah tangga dan industri. Demineralisasi dengan HNO_3 konsentrasi rendah secara efektif meningkatkan kualitas energi, mengurangi risiko pengendapan abu, sehingga memperluas potensi pemanfaatan TKKS sebagai sumber bioenergi berkelanjutan.

Kata kunci: abu, asam nitrat, biopelet, demineralisasi, tandan buah kosong kelapa sawit

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak cipta milik IPB University

SUMMARY

DWI JAKSANA MEGAH SANTOSA. Optimization of Demineralization Using Nitric Acid to Reduce Ash Content in Palm Oil Empty Fruit Bunch Pellets. Supervised by DEDE HERMAWAN, SUKMA SURYA KUSUMAH, dan DEDED SARIP NAWAWI.

Dependence on fossil fuels causes problems of availability and environmental pollution, so renewable energy alternatives such as biomass are needed. Empty palm fruit bunches (EFB), as solid waste from the palm oil industry, are available in large quantities in Indonesia and have the potential to be used as solid fuel such as biopellets. However, their high ash content reduces combustion efficiency and increases the risk of *fouling* and *slagging*. This study aims to improve the quality of EFB biopellets through demineralization treatment using nitric acid (HNO_3) with varying concentrations (1, 3, and 5%) and immersion times (10, 30, and 60 minutes). The parameters analyzed included ash content, calorific value, potassium content, proximate, and ultimate analysis. The results showed that the optimal treatment was obtained at a concentration of 1% for 10 minutes, which reduced the ash content from 10,62% to 3,43-5,45% and reduced potassium by 77% (0,087%-0,02%). In addition, the fix carbon increased (16,11%-18,09%), sulfur decreased (0,115%-0,086%), and the calorific value increased to 4355,83 cal/g. Acid soaking treatment also increased the carbon and hydrogen content, which contributed to better combustion quality. Biopellets meet the SNI 8675:2018 quality standards for household and industrial use. Demineralization with low-concentration HNO_3 effectively improves energy quality, reduces the risk of ash sedimentation, and expands the potential for utilizing EFB as a sustainable bioenergy source.

Keywords: ash, biopellets, demineralization, nitric acid, oil palm empty fruit bunches (EFB)

IPB University

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University
IPB University

OPTIMASI DEMINERALISASI MENGGUNAKAN ASAM NITRAT UNTUK REDUKSI KANDUNGAN ABU BIOPELET TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

DWI JAKSANA MEGAH SANTOSA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan

PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Perpustakaan IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr

Judul Tesis : Optimasi Demineralisasi Menggunakan Asam Nitrat untuk Reduksi Kandungan Abu Biopelet Tandan Kosong Kelapa Sawit
Nama : Dwi Jaksana Megah Santosa
NIM : E2501212017

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Dede Hermawan, M.Sc.F.Trop

Pembimbing 2:
Prof (R). Dr. Sukma Surya Kusumah, S.Hut, M.Si

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc.F.Trop

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc.F.Trop
NIP 196602121991031002

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc.F.Trop
NIP 197003291996081001

Tanggal Ujian: 16 Desember 2025 Tanggal Lulus: 07 JAN 2026

@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Bogor Indonesia
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November 2024 sampai bulan April 2025 ini ialah Biomassa, dengan judul "Optimasi Demineralisasi Menggunakan Asam Nitrat untuk Reduksi Kandungan Abu Biopelet Tandan Kosong Kelapa Sawit".

Pada kesempatan ini, dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu, membimbing, maupun memberikan dukungan moral dalam penyelesaian Tesis ini antara lain:

1. Orang tua, Heri Santosa dan Dewi Kusuma, serta kepada saudara kandung, Nanda dan Avliani yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, dan mendidik penulis dengan rasa sabar dan rasa cinta yang luar biasa.
2. Prof. Dr. Ir. Dede Hermawan, M.Sc, F.Trop, Prof (R). Dr. Sukma Surya Kusumah, S.Hut, M.Si dan Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc yang telah membimbing dan banyak memberi saran agar tulisan ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Dr. Jajang Sutiawan, S.Hut, M.Si yang telah banyak memberi masukan dan arahan terkait publikasi ilmiah
4. Bapak Mustagfirin yang membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis.
5. Sri Yustikasari Massijaya, Ainun Salsabila, Nur Safitri sebagai teman satu angkatan yang selalu menemani penulis di waktu kuliah.
6. Abang Imam Busyra Abdillah dan Muhammad Ilham Aulia yang telah memberikan masukan dan dukungan moral pada penulis dalam menyelesaikan tesis
7. Yoga Fredisa, Riki Hardi, Pras Ariq, Yudha Pradana, Mikael Fernando, Syaifullah, Fathurahman yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian program magister pascasarjana.
8. Alif Alfian, Jacklyn Devitasari, Faiz Rafi, Aysha Nadya, Rhana Bhatara, Nicko Fabriano (RBT Family) yang selalu mendukung dan menyemangati penulis hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2026

Dwi Jaksana Megah Santosa

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI xv
DAFTAR TABEL xvi
DAFTAR GAMBAR xvi
DAFTAR LAMPIRAN xvi
I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.4 Manfaat 2
1.5 Ruang Lingkup 2
II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Biopelet 4
2.2 Kelapa Sawit 4
2.3 Demineralisasi 5
III METODE 7
3.1 Waktu dan Tempat 7
3.2 Alat dan Bahan 7
3.3 Prosedur Kerja 7
3.3.1 Persiapan Bahan Baku 7
3.3.2 Perlakuan Awal Demineralisasi 7
3.3.3 Pencetakan Biopelet 7
3.3.4 Pengujian Kualitas Serbuk dan Biopelet TKKS 8
3.4 Analisis Data 11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN 12
4.1 Karakteristik Serat TKKS 12
4.1.1 Kadar abu 12
4.1.2 Kadar zat terbang dan karbon terikat 13
4.1.3 Nilai Kalor 14
4.1.4 Analisis Ultimat TKKS 15
4.1.5 Kandungan Kalium 17
4.2 Karakteristik Biopelet 18
V SIMPULAN DAN SARAN 21
5.1 Simpulan 21
5.2 Saran 21
DAFTAR PUSTAKA 22
LAMPIRAN 28
RIWAYAT HIDUP 37

IPB University
Bogor Indonesia

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Standar kualitas biopelet berdasarkan SNI 8675-2018 4
Tabel 2 Komposisi unsur kimia TKKS 5
Tabel 3 Analisis ultimat TKKS terdemineralisasi pada variasi konsentrasi HNO_3 dan waktu perendaman 16
Tabel 4 Karakteristik Biopelet TKKS 19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram alir penelitian 3
Gambar 2 Pengaruh konsentrasi HNO_3 dan waktu perendaman terhadap penurunan kadar abu TKKS 12
Gambar 3 Pengaruh konsentrasi HNO_3 dan waktu perendaman terhadap (a) kadar zat terbang dan (b) kadar karbon terikat pada TKKS 14
Gambar 4 Pengaruh konsentrasi HNO_3 dan waktu perendaman terhadap nilai kalor TKKS 15
Gambar 5 Diagram *Van Krevelen* TKKS terdemineralisasi pada variasi konsentrasi HNO_3 dan waktu perendaman 17
Gambar 6 Pengaruh konsentrasi HNO_3 dan waktu perendaman terhadap kadar kalium TKKS 18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 ANOVA Kadar Abu 29
Lampiran 2 ANOVA Kadar Zat Terbang 29
Lampiran 3 ANOVA Kadar Karbon Terikat 30
Lampiran 4 ANOVA Nilai Kalor 31
Lampiran 5 ANOVA Kandungan Kalium 32
Lampiran 6 ANOVA Analisis Ultimat TKKS 32
Lampiran 7 Dokumentasi kegiatan Penelitian 36

©Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University