

APLIKASI *BOTTOM ASH* KAYU DALAM MENURUNKAN KANDUNGAN FOSFAT PADA AIR LIMBAH INDUSTRI PENGOLAHAN MAKANAN

DESTIANI RAHMAWATI



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Aplikasi *Bottom Ash* Kayu dalam Menurunkan Kandungan Fosfat pada Air Limbah Industri Pengolahan Makanan” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juli 2026

Destiani Rahmawati
G7401221008



@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.



ABSTRAK

DESTIANI RAHMAWATI. Aplikasi *Bottom Ash* Kayu dalam Menurunkan Kandungan Fosfat pada Air Limbah Industri Pengolahan Makanan. Dibimbing oleh HERIYANTO SYAFUTRA dan EVI SUSANTI.

Air limbah pengolahan makanan mengandung fosfat yang tinggi dan dapat menyebabkan eutrofikasi sehingga menurunkan kualitas perairan apabila tidak diolah dengan baik. Metode yang berpotensi untuk menurunkan kandungan fosfat adalah adsorpsi menggunakan adsorben berbasis limbah, seperti *bottom ash* (BA) kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisikokimia BA, kondisi optimum, serta pengaruh suhu dalam menurunkan kandungan fosfat. BA dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan SEM. Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan variasi ukuran partikel, bobot adsorben, pH, waktu kontak, dan suhu. Fosfat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis metode asam askorbat. Karakterisasi menunjukkan adanya gugus fungsi hidroksil dan silikat sebagai situs aktif adsorpsi, mineral kuarsa dan kalsit, serta permukaan berpori yang mendukung proses adsorpsi. Kondisi optimum diperoleh pada ukuran 200 mesh dengan dosis 4 g/L, pH 5 pada waktu kontak 30 menit dengan efisiensi penyisihan 89,63%. Analisis parameter termodinamika menunjukkan proses adsorpsi berlangsung tidak spontan dan bersifat endotermik.

Kata kunci: adsorpsi, bottom ash, fosfat, limbah industri makanan

ABSTRACT

DESTIANI RAHMAWATI. Application of Wood Bottom Ash for the Removal of Phosphate from Food Processing Industrial Wastewater. Supervised by HERIYANTO SYAFUTRA and EVI SUSANTI.

Food processing wastewater contains high phosphate levels that can cause eutrophication and degrade water quality if not properly treated. A promising method for phosphate removal is adsorption using waste-based adsorbents such as wood bottom ash (BA). This study aimed to determine the physicochemical characteristics of BA, the optimum conditions, and the effect of temperature on phosphate removal. BA was characterized using FTIR, XRD, and SEM. Adsorption was conducted in a batch system with variations in particle size, adsorbent dose, pH, contact time, and temperature. Phosphate concen was analyzed using a UV-Vis spectrophotometer with the ascorbic acid method. Characterization results showed hydroxyl and silicate functional groups as active adsorption sites, quartz and calcite minerals, and a porous surface supporting adsorption. Optimum conditions were obtained at 200 mesh particle size, 4 g/L adsorbent dose, pH 5, and 30 minutes contact time, resulting in 89.63% removal efficiency. Thermodynamic analysis indicated that the adsorption process was non-spontaneous and endothermic.

Keywords: adsorption, bottom ash, phosphate, food industry waste



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, 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.

APLIKASI *BOTTOM ASH* KAYU DALAM MENURUNKAN KANDUNGAN FOSFAT PADA AIR LIMBAH INDUSTRI PENGOLAHAN MAKANAN

DESTIANI RAHMAWATI

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

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Ir. Irzaman, M.Si.
2. Nur Aisyah Nuzulia, S.Si., M.Si.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Judul Skripsi : Aplikasi *Bottom Ash* Kayu dalam Menurunkan Kandungan Fosfat pada Air Limbah Industri Pengolahan Makanan

Nama : Destiani Rahmawati

NIM : G7401221008

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si.

NIP. 198604232014041001

Pembimbing 2:

Dr. Evi Susanti, S.T., M.T.

NIP. 197507312006042001



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:

Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.

NIP. 196809161994031001



Tanggal Ujian: 29 Juli 2026

Tanggal Lulus:

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

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.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2025 sampai bulan Maret 2026 dengan judul Aplikasi *Bottom Ash* Kayu dalam Menurunkan Kandungan Fosfat pada Air Limbah Industri Pengolahan Makanan”.

Penelitian ini tidak akan terlaksana tanpa dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Bapak Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si. dan Ibu Dr. Evi Susanti, S.T., M.T. yang telah membimbing dan banyak memberi saran.
2. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh dosen departemen fisika, pembimbing akademik, dan sekretariat departemen.
3. Dengan rasa hormat dan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ayahanda dan Ibunda. Terima kasih atas cinta yang tak bertepi, pengorbanan yang tak hingga, serta telah memberikan segalanya hingga penulis mampu menyelesaikan masa studi hingga meraih gelar sarjana. Penulis percaya doa-doa beliau yang selalu menyelamatkan dan menuntun penulis melewati masa-masa sulit. Tak lupa kepada Tedi dan Tia selaku kakak penulis, serta Arumi dan Arkan yang selalu memberi doa, dukungan, dan semangat kepada penulis.
4. Penulis sampaikan terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) KST Soekarno, Cibinong yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melaksanakan penelitian. Khususnya kepada Ibu Fidia Zulti, S.Si., M.Si, Ibu Mey Ristanti Widoretno S.P., serta kepada peneliti lainnya yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan ilmu kepada penulis.
5. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Nursinah, Mariana, dan Deska sebagai sahabat pertama saat menginjakkan kaki di IPB yang selalu memberikan dorongan dan semangat kepada penulis. Terima kasih penulis ucapkan kepada Monira, Zahra, Ayi, dan Ira yang tiada henti memberikan semangat, canda, dan tawa selama dalam perjuangan meraih gelar Sarjana Sains. Terima kasih juga kepada Vani, Mutiara, Rifani, dan Aulia yang selalu membersamai penulis sejak dibangku SMA.
6. Terima kasih kepada Muhammad Kiflan Nurrahman yang tiada henti memberikan dukungan serta dorongan semangat kepada penulis selama penulisan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa dalam karya ilmiah ini masih terdapat kekurangan. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Destiani Rahmawati



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Hipotesis Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Bottom Ash</i>	4
2.2 Pengolahan Makanan	4
2.3 Fosfat	5
2.4 Adsorpsi	5
2.5 Optimasi Adsorben dalam Menyerap Fosfat	6
2.6 Kinetika Adsorpsi	8
2.7 Termodinamika Adsorpsi	9
2.8 Instrumen Karakterisasi	10
III METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3 Prosedur Penelitian	12
3.4 Analisis Data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Karakterisasi <i>Bottom Ash</i>	16
4.2 Optimasi Proses Adsorpsi	21
4.3 Kinetika Adsorpsi	25
4.4 Pengaruh suhu	26
4.5 Termodinamika Adsorpsi	28
4.6 Aplikasi <i>Bottom Ash</i> pada Air Limbah Industri Pengolahan Makanan	29
V SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30

5.2	Saran	30
	DAFTAR PUSTAKA	31
	LAMPIRAN	37
	RIWAYAT HIDUP	45



DAFTAR TABEL

1	Variasi konsentrasi larutan standar fosfat	13
2	Hasil interpretasi spektrum FTIR adsorben bottom ash	17
3	Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas dan efisiensi penyisihan pada ukuran partikel 100 mesh dengan pH 3	24
4	Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas dan efisiensi penyisihan pada ukuran partikel 200 mesh dengan pH 5	25
5	Parameter termodinamika adsorpsi	28

DAFTAR GAMBAR

1	Proses Adsorpsi sistem batch (Aktor 2021)	14
2	Bottom ash dengan ukuran partikel: (a) 100 mesh, (b) 200 mesh	16
3	Spektrum FTIR adsorben bottom ash	17
4	Pola spektrum XRD BA (a) sebelum adsorpsi, (b) setelah adsorpsi	19
5	Citra SEM pada BA (a) sebelum adsorpsi, (b) setelah adsorpsi	20
6	Pengaruh pH larutan dan ukuran partikel adsorben terhadap kapasitas adsorpsi fosfat	21
7	Kinerja adsorpsi berdasarkan variasi bobot adsorben ukuran 200 mesh : (a) Konsentrasi fosfat 4 g/L dan 8 g/L, (b) kapasitas adsorpsi 4 g/L dan 8 g/L, (c) Efisiensi penurunan fosfat 4 g/L dan 8 g/L	22
8	Kinerja adsorpsi berdasarkan variasi suhu 25, 35, 45, 55 °C: (a) konsentrasi fosfat, (b) kapasitas adsorpsi, (c) efisiensi penurunan fosfat	27
9	Kinetika adsorpsi pada ukuran dan dosis optimum 200 mesh, 4 g/L, pH 5 (a) PFO, (b) PSO	26
10	ln Kc terhadap 1/T	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir penelitian	39
2	Tabel volume reagen	40
3	Pengukuran larutan standar fosfat pada panjang gelombang 880 nm	40
4	Kurva kalibrasi fosfat	40
5	Penentuan konsentrasi fosfat	41
6	Penentuan kapasitas dan efisiensi penyisihan fosfat	41
7	Data kinetika adsorpsi fosfat	42
8	Data termodinamika adsorpsi	43
9	Dokumentasi penelitian	44



@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.