

HIDROTON ABU *BOILER BAGASSE* TEBU BERPEREKAT TAPIOKA SEBAGAI PENJERAP LOGAM TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) SECARA SIMULTAN

DWI INDAH YULIANTI



**DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



(a) 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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Hidroton Abu Boiler Bagasse Tebu Berperekat Tapioka Sebagai Penjerap Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Secara Simultan” 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 2025

Dwi Indah Yulianti
E2401201059



(a) 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.

ABSTRAK

DWI INDAH YULIANTI. Hidroton Abu *Boiler Bagasse* Tebu Berperkat Tapioka Sebagai Penjerap Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Secara Simultan. Dibimbing oleh NYOMAN JAYA WISTARA dan BERNADETA AYU WIDYANINGRUM.

Peningkatan aktivitas industri telah berkontribusi pada peningkatan konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dalam ekosistem perairan. Masalah lingkungan ini dapat dimitigasi melalui teknik adsorpsi dengan memanfaatkan abu *boiler bagasse* tebu (ABBT). Namun, bentuk serbuk ABBT menghadirkan masalah terkait pemulihan dan pendaurannya. Untuk meningkatkan integritas struktural adsorben, dilakukan modifikasi bentuk dengan menambahkan tapioka untuk memfasilitasi pengikatan selama pembentukan hidroton. Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh penggunaan perekat tapioka terhadap sifat fisis ketahanan benturan, dan karakteristik adsorpsi dari hidroton yang dihasilkan untuk menghilangkan Pb dan Cu. ABBT diaktifkan menggunakan kalium hidroksida (KOH) dan dicampur dengan tapioka dengan perbandingan 1:1 (w/w). Temuan mengungkapkan bahwa kondisi adsorpsi optimal terjadi pada pH 8, dengan waktu kontak 240 menit dan konsentrasi logam awal 25 ppm. Dalam kondisi ini, efisiensi penghilangan sebesar 81,71% untuk Pb dan 72,22% untuk Cu tercapai. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi hidroton sebagai adsorben yang layak untuk menurunkan konsentrasi Pb dan Cu dalam sumber air yang terkontaminasi.

Kata kunci: abu boiler, adsorpsi, tapioka, tembaga, timbal

ABSTRACT

DWI INDAH YULIANTI. Tapioca-Adhesive Sugarcane Bagasse Ash Hydroton as Simultaneous Sorbent of Lead (Pb) and Copper (Cu) Metals. Supervised by NYOMAN JAYA WISTARA and BERNADETA AYU WIDYANINGRUM.

Increased industrial activity has contributed to elevated concentrations of lead (Pb) and copper (Cu) in aquatic ecosystems. This environmental challenge can be mitigated through adsorption techniques utilizing the sugarcane bagasse ash (SCBA). However, the powdery nature of SCBA presents difficulties regarding recovery and reutilization. To enhance the adsorbent's structural integrity, a shape modification process was implemented by incorporating tapioca to facilitate binding during the formation of hydroton. This study aimed to assess the effect of tapioca incorporation on the physical properties, impact resistance, and adsorption characteristics of the resulting hydroton for Pb and Cu removal. SCBA was activated using potassium hydroxide (KOH) and mixed with tapioca in a 1:1 (w/w) ratio. The findings revealed that optimal adsorption conditions were established at a pH of 8, with a contact time of 240 minutes and an initial metal concentration of 25 ppm. Under these conditions, removal efficiencies of 81.71% for Pb and 72.22% for Cu were achieved. The results emphasize the potential of hydroton as a viable adsorbent for decreasing lead and copper concentrations in contaminated water sources.

Keywords: adsorption, boiler ash, copper, lead, tapioca



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 2025
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.

HIDROTON ABU *BOILER BAGASSE* TEBU BERPEREKAT TAPIOKA SEBAGAI PENJERAP LOGAM TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) SECARA SIMULTAN

DWI INDAH YULIANTI

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

**DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



(a) 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Ir. Hendrayanto, M.Agr
2. Anne Carolina, S.Si., M.Si



Judul Skripsi : Hidroton Abu Boiler Bagasse Tebu Berperekat Tapioka sebagai Penjerap Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Secara Simultan

Nama : Dwi Indah Yulianti
NIM : E2401201059

Disetujui oleh



Pembimbing 1:

Prof. I Nyoman Jaya Wistara, Ph.D.
NIP. 196312311989031027

Pembimbing 2:

Bernadeta Ayu Widyaningrum, M.Si
NIP. 198608192019022003



Diketahui oleh



Ketua Departemen Hasil Hutan:

Dr. Istie Sekartining Rahayu, S.Hut., M.Si
NIP. 197404222005012001

Tanggal Ujian: 7 Juli 2025

Tanggal Lulus: 28 JUL 2025



(a) 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



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 Juni hingga bulan Oktober 2024 ini ialah Penanganan Limbah, dengan judul “Hidroton Abu *Boiler Bagasse* Tebu Berperekat Tapioka sebagai Penjerap Logam Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Secara Simultan”.

Proses penelitian ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Penghargaan dan terima kasih disampaikan kepada:

1. Prof. I Nyoman Jaya Wistara, Ph.D. dan Bernadeta Ayu Widyaningrum, M.Si atas bimbingan dan berbagai masukan berharga yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Rusmanto dan Ibu Dewi Amanati selaku orang tua penulis, serta Eka Novianti dan Mohammad Rizki Febrianto selaku kakak-adik penulis, atas segala doa, dukungan moral, dan bantuan materi yang tak ternilai.
3. Bude Tatik, Lek Us, dan Bude Endang, yang dengan tulus memberikan bantuan materi selama masa studi penulis.
4. Rekan-rekan terdekat yang selalu mendampingi dan memberi semangat, yakni Adinda Silmi, Nur Anisah, Grace Catrina, Iis Erlina, Theresa Vindri, Cyinthia Widhia, Nabiilah Syifa, Zam Annisa, Dewi Shafa, Embye Putri, Lilih Cipta, Fiony Aqilah, Vera Indriaswari, Muthia Azzakiyah, Siti Astuti, Abdullah Tsaqif, Ridwan Lazuardi, dan Wafiqqy Qashwa Difarry. Terima kasih atas dukungan dan kebersamaan yang berarti sepanjang proses skripsi ini.
5. Keluarga besar Departemen Hasil Hutan Angkatan 57, Rimbaguna Arkamaya, atas kebersamaan yang telah menjadi penyemangat selama empat tahun perjalanan akademik.
6. Seluruh civitas *Integrated Laboratory of Bioproduct* (iLaB) BRIN, terkhusus civitas Laboratorium Bionanokomposit, yang telah memberikan bantuan dan fasilitas selama proses pengumpulan data.
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan selama masa penyelesaian tugas akhir yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
8. Terakhir, terima kasih kepada diri sendiri, yang telah mampu bertahan melalui berbagai tantangan, menjadikan setiap kesulitan sebagai pelajaran, dan terus melangkah meski tidak selalu mudah. *"She believed she could, so she did"* – R. S. Grey.

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

Bogor, Juli 2025

Dwi Indah Yulianti



(a) 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



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Abu <i>Boiler Bagasse</i> Tebu	5
2.2 Tapioka	5
2.3 Adsorpsi Logam Berat	6
2.4 Hidroton	8
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Kerja	9
3.4 Analisis Data	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 ANOVA Adsorpsi Logam	17
4.2 Kinerja ABBT dalam Adsorpsi Logam	17
4.3 Sifat Fisis dan Ketahanan Tumbukan	18
4.4 Karakter Adsorben	22
4.5 Kinerja Hidroton dalam Adsorpsi Logam	28
4.6 pH_{pzc}	28
4.7 Optimasi Parameter Adsorpsi	29
V SIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Simpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	64



DAFTAR TABEL

1	Komposisi bahan dalam aktivasi ABBT	10
2	Komposisi bahan dalam pembuatan perekat tapioka	12
3	Hasil ANOVA faktor-faktor yang memengaruhi adsorpsi logam	17
4	Perbandingan ABBT dalam adsorpsi logam sebelum dan setelah aktivasi KOH	18
5	Hasil analisis luas permukaan hidroton	24
6	Puncak bilangan gelombang (PBG), absorbansi (A), dan interpretasi	27
7	Perbandingan hasil uji adsorpsi hidroton	28

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian	9
2	Ukuran prototipe hidroton	13
3	Kadar air hidroton pada variasi nisbah ABBT dan tapioka	19
4	Daya serap air hidroton pada variasi nisbah ABBT dan tapioka	20
5	Ketahanan hidroton di dalam air pada variasi nisbah ABBT dan tapioka	21
6	Ilustrasi ikatan hidrogen antara tapioka dan air (dimodifikasi dari Fennema (1996). <i>Food Chemistry</i> . New York: Marcell Dekker Inc)	21
7	Ketahanan tumbukan hidroton pada variasi nisbah ABBT dan tapioka	22
8	Morfologi permukaan tapioka (a); ABBT nonaktivasi (ABBT-K0) (b); ABBT aktivasi 4 M KOH (ABBT-K4) (c); hidroton dengan penambahan tapioka dengan nisbah 1:1 (N1) (d); nisbah 1:2 (N2) (e); nisbah 1:3 (N3) (f)	23
9	Kurva FTIR dari ABBT-K4, N1, N2, N3, dan tapioka	26
10	Kurva pH _{pzc} permukaan adsorben	29
11	Ilustrasi ikatan elektrostatik antara permukaan adsorben (negatif) dengan adsorbat (positif) (dimodifikasi dari Utami <i>et al.</i> 2024. <i>Chimica et Natura Acta</i> . 12(2): 91–97)	30
12	Kurva optimasi pH adsorpsi logam Pb (a) dan Cu (b)	30
13	Kurva optimasi waktu kontak adsorpsi logam Pb (a) dan Cu (b)	32
14	Kurva optimasi konsentrasi awal adsorpsi logam Pb (a) dan Cu (b)	33

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data optimasi variabel	45
2	Perhitungan bahan kimia	62
3	Contoh perhitungan karakteristik hidroton	63