



# **PENGARUH SUHU KALSINASI DAN DOSIS KOAGULAN *REJECTED COAL* UNTUK MENURUNKAN TSS, COD, TDS LIMBAH TAHU**

**YEFTANIA TJAN**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
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.

## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengaruh Suhu Kalsinasi dan Dosis Koagulan *Rejected Coal* untuk Menurunkan TSS, COD, TDS Limbah Tahu” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. 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, Juni 2026

Yeftania Tjan  
G7401221078

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



## ABSTRAK

YEFTANIA TJAN. Pengaruh Suhu Kalsinasi dan Dosis Koagulan *Rejected Coal* untuk Menurunkan TSS, COD, TDS Limbah Tahu. Dibimbing oleh SITI NIKMATIN dan RIMA FITRIA ADIATI.

Limbah cair industri tahu mengandung pencemar tinggi seperti *Total Suspended Solids* (TSS), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Dissolved Solids* (TDS), sehingga perlu diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan *rejected coal* sebagai bahan baku koagulan melalui variasi suhu kalsinasi dan konsentrasi  $H_2SO_4$  serta mengevaluasi efektivitasnya dalam pengolahan limbah cair industri tahu. Koagulan disintesis melalui kalsinasi pada suhu 700 °C dan 900 °C, kemudian diaktivasi menggunakan  $H_2SO_4$  dan diaplikasikan melalui proses koagulasi-flokulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu kalsinasi meningkatkan jumlah dan ukuran pori serta menghasilkan permukaan yang lebih homogen dan hidrofobik. Peningkatan konsentrasi  $H_2SO_4$  menurunkan pH dan mempengaruhi pembentukan koagulan aktif. Koagulan yang dihasilkan efektif menurunkan TSS hingga 97,3% dari 112 mg/L menjadi 3,0 mg/L, memenuhi baku mutu 200 mg/L. Penurunan COD mencapai sekitar 76,6% dari 546,7 mg/L menjadi 128,1 mg/L, dan seluruh variasi telah memenuhi baku mutu 300 mg/L. Nilai TDS meningkat dari sekitar 611 mg/L hingga lebih dari 2000 mg/L akibat ion terlarut, tetapi sebagian besar masih dalam batas baku mutu.

Kata kunci: aktivasi asam, kalsinasi, koagulan, limbah cair tahu, *rejected coal*

## ABSTRACT

YEFTANIA TJAN. The Effect of Calcination Temperature and Coagulant Dosage on Reducing TSS, COD, and TDS in Tofu Wastewater. Supervised by SITI NIKMATIN and RIMA FITRIA ADIATI.

Industrial tofu wastewater contains high levels of pollutants such as Total Suspended Solids (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), and Total Dissolved Solids (TDS), so it must be treated before being discharged into the environment. This study aims to utilize rejected coal as a coagulant raw material by varying calcination temperatures and  $H_2SO_4$  concentrations, as well as to evaluate its effectiveness in the treatment of industrial soybean curd wastewater. The coagulant was synthesized through calcination at 700 °C and 900 °C, then activated using  $H_2SO_4$  and applied via a coagulation-flocculation process. The results showed that increasing the calcination temperature increased the number and size of pores and produced a more homogeneous and hydrophobic surface. Increasing the  $H_2SO_4$  concentration lowered the pH and influenced the formation of active coagulant. The coagulant produced effectively reduced TSS by up to 97,3%, from 112 mg/L to 3,0 mg/L, meeting the quality standard of 200 mg/L. The reduction in COD reached approximately 76,6%, from 546,7 mg/L to 128,1 mg/L, and all samples met the quality standard of 300 mg/L. The TDS value increased from approximately 611 mg/L to over 2000 mg/L due to dissolved ions, but most values remained within quality standards.

*Keywords:* acid activation, calcination, coagulant, rejected coal, tofu wastewater

© 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 apapun tanpa izin IPB.*

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.



**PENGARUH SUHU KALSINASI DAN DOSIS KOAGULAN  
*REJECTED COAL* UNTUK MENURUNKAN TSS, COD, TDS  
LIMBAH TAHU**

**YEFTANIA TJAN**

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

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**Tim Penguji pada Ujian Skripsi:**

1. Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si.
2. Dr. Faozan, S.Si., M.Si.



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

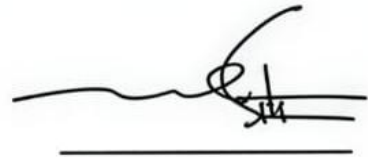
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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.

**Judul Skripsi** : Pengaruh Suhu Kalsinasi dan Dosis Koagulan *Rejected Coal* untuk Menurunkan TSS, COD, TDS Limbah Tahu  
**Nama** : Yeftania Tjan  
**NIM** : G7401221078

Disetujui oleh

**Pembimbing 1 :**  
**Dr. Siti Nikmatin, S.Si., M.Si.**  
**NIP. 19750819 200012 2 001**



**Pembimbing 2 :**  
**Rima Fitria Adiati, S.T., M.T.**  
**NIP. 19960225 202012 2 003**



Diketahui oleh

**Ketua Departemen Fisika:**  
**Dr. Ir. Imansyah, M.Si.**  
**NIP. 19680916 199403 1 001**



**Tanggal Ujian: 18 Juni 2026**

**Tanggal Lulus:**

@Hak cipta milik IBB University

IPB University

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penelitian dengan judul “Pengaruh Suhu Kalsinasi dan Dosis Koagulan *Rejected Coal* untuk Menurunkan TSS, COD, TDS Limbah Cair Industri Tahu” dapat diselesaikan. Penulisan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Ibu Dr. Siti Nikmatin, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing pertama dan Ibu Rima Fitria Adiaty, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan dukungan selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si. selaku dosen penguji pertama dan Dr. Faozan, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji kedua yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Arif selaku laboran Laboratorium Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB, Kak Umi selaku laboran Laboratorium PT Interstisi Material Maju, serta seluruh sivitas akademika Fisika IPB yang telah membantu proses dan administrasi selama proses penelitian ini.
4. Bapak Kriskong Tjan selaku ayahanda penulis yang senantiasa bekerja keras dan berjuang memberikan kehidupan terbaik melalui pengorbanan material, waktu, tenaga, dan pikiran, serta Ibu Melly Setiawati selaku ibunda penulis yang selalu mendoakan dan memberikan kasih sayang tanpa henti, sehingga penulis dapat menempuh pendidikan hingga menyelesaikan skripsi ini.
5. Saudari Christiana Tjan selaku adik penulis serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat hingga penulis dapat mencapai tahap ini.
6. Saudari Reva Helena Br Tarigan selaku teman seperjuangan penulis yang senantiasa mendampingi, mendukung, dan membantu dari awal perkuliahan hingga skripsi ini terselesaikan.
7. Teman-teman Fisika 59, PMK IPB, teman-teman kos Kemawita, serta pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan doa, semangat, bantuan, dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa usulan penelitian ini masih terdapat kekurangan dan juga kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan lebih lanjut. Akhir kata, semoga penelitian yang akan dilaksanakan dapat berjalan dengan lancar, tepat waktu, dan memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bogor, Juni 2026

*Yeftania Tjan*



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Limbah Cair Industri Tahu	3
2.2 Batubara dan <i>Rejected Coal</i>	3
2.3 Koagulan	4
2.4 Pengolahan Limbah Cair	5
2.4.1 Koagulasi	6
2.4.2 Flokulasi	6
2.4.3 Fraksinasi	6
2.5 Parameter Kualitas Air	7
2.5.1 pH ( <i>Potential of Hydrogen</i> )	7
2.5.2 TSS ( <i>Total Suspended Solids</i> )	7
2.5.3 COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> )	7
2.5.4 TDS ( <i>Total Dissolved Solids</i> )	8
III METODE PENELITIAN	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	9
3.2.1 Alat	9
3.2.2 Bahan	9
3.3 Prosedur Kerja	9
3.3.1 Preparasi <i>Rejected Coal</i>	9
3.3.2 Karakterisasi <i>Rejected Coal</i>	9
3.3.3 Pembuatan Larutan Asam Sulfat (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	10
3.3.4 Pembuatan Koagulan	11
3.3.5 Karakterisasi Koagulan	12
3.3.6 Proses Koagulasi	12
3.3.7 Proses Fraksinasi Pengotor dengan <i>Centrifuge</i>	12
3.4 Pengujian Koagulan	13
3.4.1 Pengujian pH ( <i>Potential of Hydrogen</i> )	13
3.4.2 Pengujian TSS ( <i>Total Suspended Solids</i> )	14
3.4.3 Pengujian COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> )	14
3.4.4 Pengujian TDS ( <i>Total Dissolved Solids</i> )	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Analisis Morfologi Permukaan <i>Rejected Coal</i>	15
4.2 Analisis Sudut Kontak <i>Rejected Coal</i>	17
4.3 Karakteristik Koagulan <i>Rejected Coal</i>	19



4.4	Analisis Koagulan <i>Rejected Coal</i> terhadap Limbah Cair Industri Tahu	23
4.5	Tinjauan Penelitian Terdahulu dan Dasar Pengembangan Penelitian	29
V SIMPULAN DAN SARAN		31
5.1	Simpulan	31
5.2	Saran	31
DAFTAR PUSTAKA		32
LAMPIRAN		41
RIWAYAT HIDUP		63

## DAFTAR TABEL

1	Komposisi kimia utama <i>rejected coal</i>	4
2	Variasi suhu kalsinasi dan konsentrasi larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dalam koagulan	11
3	Variasi sampel setelah proses koagulasi-fraksinasi	13
4	Komposisi kimia utama <i>rejected coal</i> berdasarkan analisis XRF	15
5	Hasil analisis morfologi permukaan <i>rejected coal</i> hasil kalsinasi menggunakan ImageJ	16
6	Data sudut kontak bahan baku <i>rejected coal</i>	17
7	Sudut kontak <i>rejected coal</i> dengan suhu kalsinasi 700 °C dan 900 °C	18
8	Karakteristik pH koagulan <i>rejected coal</i>	19
9	Kadar aluminium sebagai Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> pada koagulan hasil aktivasi asam dengan variasi konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	21
10	Analisis pH, TSS, TDS, dan COD limbah cair industri tahu setelah koagulasi dengan koagulan seri A7	25
11	Analisis pH, TSS, TDS, dan COD limbah cair industri tahu setelah koagulasi dengan koagulan seri C9	26

## DAFTAR GAMBAR

1	Proses koagulasi dan flokulasi dalam pengolahan air limbah (dimodifikasi dari Daud <i>et al.</i> (2023) <i>Heliyon</i> . 9(6): e17284)	5
2	Morfologi permukaan <i>rejected coal</i> yang dikalsinasi dengan suhu kalsinasi 700 °C (A) dan morfologi permukaan <i>rejected coal</i> yang dikalsinasi dengan suhu kalsinasi 900 °C (B)	16
3	Spektrum absorbansi koagulan aluminium sulfat (Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ) pada variasi konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (A) dan variasi konsentrasi larutan (B) (dimodifikasi dari Yang <i>et al.</i> (2023) <i>ECS J. Solid State Sci. Technol.</i> 12: 024002)	20
4	Pengaruh koagulan <i>rejected coal</i> seri A7 terhadap pH, TSS, COD, dan TDS limbah cair industri tahu	25
5	Pengaruh koagulan <i>rejected coal</i> seri C9 terhadap pH, TSS, COD, dan TDS limbah cair industri tahu	26

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir pelaksanaan penelitian	42
2	Jadwal penelitian	43
3	Perhitungan nilai pengenceran konsentrasi $H_2SO_4$	44
4	Pembuatan koagulan <i>rejected coal</i>	45
5	Pengujian karakteristik koagulan <i>rejected coal</i>	46
6	Perhitungan kadar $Al_2O_3$ dalam koagulan <i>rejected coal</i>	47
7	Pengujian pH, TSS, TDS, dan COD pada limbah cair industri tahu	48
8	Data pH limbah cair industri tahu pada dua kali pengulangan	50
9	Perhitungan nilai TSS limbah cair industri tahu dua kali pengulangan	51
10	Data TSS limbah cair industri tahu pada dua kali pengulangan	55
11	Perhitungan nilai COD limbah cair industri tahu dua kali pengulangan	56
12	Data COD limbah cair industri tahu pada dua kali pengulangan	60
13	Data TDS limbah cair industri tahu pada dua kali pengulangan	61
14	Standar baku mutu nilai pH, TSS, COD, dan TDS pada limbah tahu	62

