

**SKRIPSI**

**EFISIENSI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE DENGAN VARIASI WAKTU  
KONTAK FITOREMEDIASI DALAM MENYISIHKAN KANDUNGAN *TOTAL  
SUSPENDED SOLID (TSS) DAN AMONIA (NH<sub>3</sub>-N)***

Diajukan sebagai salah satu persyaratan dalam menyusun Tugas Akhir pada  
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik  
Universitas Lambung Mangkurat

Dibuat:

**Muhammad Akbar**

NIM 2110815110010

Pembimbing

**Dr. Ir. Nopi Stiyati Prihatini, S.Si., M.T.**  
gaballNIP 198411 18200812 2 003



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK LINGKUNGAN**

**EFISIENSI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TEMPE DENGAN VARIASI WAKTU  
KONTAK FITOREMEDIASI DALAM MENYISIHKAN KANDUNGAN *TOTAL  
SUSPENDED SOLID (TSS) DAN AMONIA (NH<sub>3</sub>-N)***

**OLEH:**

**Muhammad Akbar (2110815110010)**

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji pada hari... tanggal.. dan  
dinyatakan

**LULUS**

**Komite Penguji:**

**Ketua : Badaruddin Mu'Min, S.T., M.T.**

**NIP 197305071998021001**

**Anggota : Chairul Abdi, S.T., M.T**

**NIP 197807122012121002**

**Pembimbing : Dr. Ir. Nopi Stiyati Prihatini, S.Si., M.T.**

**198411182008122003**

Banjarbaru, 23 JUN 2025

diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik  
Fakultas Teknik ULM,**

**Koordinator Program Studi  
S-1 Teknik Lingkungan,**



**Dr. Ir. Mahmud, S.T., M.T.  
NIP 197401071998021001**

**Dr. Rizqi Puteri Mahyudin, S.Si, M.S.  
NIP 198708282012122001**

## PERNYATAAN

Dengan Ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apa pun, baik di Universitas Lambung Mangkurat maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas mencantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan normal yang berlaku di perguruan tinggi.

Banjarbaru, Juni 2025  
Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Akbar  
NIM 2110815110010

## ABSTRAK

Salah satu industri yang aktif adalah industri tempe yang umumnya beroperasi sebagai *home industry* berskala kecil. Volume limbah cair yang dihasilkan menjadi perhatian penting dalam pengelolaan *home industry* ini, terutama terkait dampaknya terhadap lingkungan jika tidak ditangani dengan baik. Pengolahan limbah menggunakan kombinasi filtrasi dan fitoremediasi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan dalam mengolah limbah cair tempe. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik awal limbah cair tempe, menganalisis dan mengidentifikasi persentase efisiensi per set pengolahan dalam menurunkan kandungan TSS dan amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) dan menganalisis variasi waktu kontak (*Hydraulic Retention Time*) dengan penurunan terbesar pada unit fitoremediasi dalam menurunkan kandungan polutan pada limbah cair tempe. Penelitian ini dilaksanakan dalam skala laboratorium dengan 6 set reaktor yang terdiri unit filtrasi dengan media filter 20 cm pasir silika ukuran 8-16 mesh, 25 cm kerikil ukuran 13-19 mm dan 10 cm karbon aktif tempurung kelapa ukuran 4-8 mesh, dan unit fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Hasil penelitian menunjukkan penurunan terbesar terjadi pada set A2 dengan efisiensi penurunan pada pengolahan filtrasi sebesar 90,40% dan pengolahan fitoremediasi sebesar 83,79% dengan efisiensi set pengolahan keseluruhan sebesar 96,65% untuk parameter *Total Suspended Solid* (TSS). Efisiensi penurunan pada pengolahan filtrasi sebesar 16,39% dan pengolahan fitoremediasi sebesar 88,59% dengan efisiensi set pengolahan keseluruhan sebesar 90,20% untuk parameter amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ). Persamaan regresi untuk parameter TSS menggunakan model regresi polinomial orde 2 dengan persamaan  $y = -0,161x^2 + 3,6897x + 77,538$  dan  $R^2=1$ . Persamaan regresi untuk parameter amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) menggunakan model regresi polinomial orde 2 dengan persamaan  $y = -0,7333x^2 + 16,329x + 0,2384$  dan  $R^2=1$ . Kinetika reaksi pada pengolahan limbah cair tempe untuk penurunan parameter TSS menggunakan persamaan orde reaksi nol (0) dengan tingkat kepercayaan mencapai 50% yang diperoleh dari nilai  $R^2$  sebesar 0,5047 dan nilai rata-rata tetapan laju reaksi  $k = 450,70 \text{ hari}^{-1}$ . Kinetika reaksi untuk penurunan parameter amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) menggunakan persamaan orde reaksi nol (0) dengan tingkat kepercayaan mencapai 38% yang diperoleh dari nilai  $R^2$  sebesar 0,3815 dan nilai rata-rata tetapan laju reaksi  $k = 5,87 \text{ hari}^{-1}$ . Waktu kontak fitoremediasi yang paling besar dalam menurunkan kandungan polutan adalah 10 hari dengan kandungan TSS sebesar 65 mg/L dan kandungan amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) sebesar 6,38 mg/L.

Kata kunci: Limbah Cair Tempe, Fitoremediasi Eceng Gondok, Waktu Kontak, TSS, Amonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )

## ABSTRACT

One of the active industries is the tempeh industry, which generally operates as a small-scale home industry. The volume of wastewater produced is a major concern in managing this type of home industry, particularly regarding its environmental impact if not properly treated. Wastewater treatment using a combination of filtration and phytoremediation is one of the methods that can be applied to treat tempeh wastewater. This study aims to analyze the initial characteristics of tempeh wastewater, to analyze and identify the percentage of treatment efficiency per treatment set in reducing TSS and ammonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) content, and to analyze the variation in contact time (Hydraulic Retention Time) that results in the highest reduction of pollutants in the phytoremediation unit. The research was conducted at a laboratory scale using six reactor sets consisting of a filtration unit with filter media composed of 20 cm of silica sand (8–16 mesh), 25 cm of gravel (13–19 mm), and 10 cm of coconut shell activated carbon (4–8 mesh), as well as a phytoremediation unit using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). The results of the study showed that the highest reduction was achieved in treatment set A2, with a removal efficiency of 90,40% in the filtration process and 83,79% in the phytoremediation process, resulting in an overall removal efficiency of 96,65% for the Total Suspended Solids (TSS) parameter. For the ammonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) parameter, the filtration process achieved a 16,39% reduction, while phytoremediation reached an 88,59% reduction, leading to a total removal efficiency of 90,20%. The regression equation for the TSS parameter was obtained using a second-order polynomial regression model, with the equation  $y = -0.161x^2 + 3.6897x + 77.538$  and an  $R^2$  value of 1. The regression equation for the ammonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) parameter was also derived using a second-order polynomial regression model, with the equation  $y = -0.7333x^2 + 16.329x + 0.2384$  and an  $R^2$  value of 1. The reaction kinetics for the reduction of the TSS parameter in tempeh wastewater treatment followed a zero-order reaction model, with a confidence level of 50% as indicated by an  $R^2$  value of 0.5047. The average reaction rate constant ( $k$ ) was  $450.70 \text{ day}^{-1}$ . Meanwhile, the reaction kinetics for the reduction of ammonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) also followed a zero-order reaction model, with a confidence level of 38% as shown by an  $R^2$  value of 0.3815, and the average reaction rate constant ( $k$ ) was  $5.87 \text{ day}^{-1}$ . The most effective phytoremediation contact time in reducing pollutant levels was 10 days, resulting in TSS content of 65 mg/L and ammonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) content of 6,38 mg/L.

**Keywords:** Tempeh Wastewater, Water Hyacinth Phytoremediation, Hydraulic Retention Time, TSS, Ammonia ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )

## PRAKATA

Puji Syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia bagi umat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Tempe Dengan Variasi Waktu Kontak Fitoremediasi Dalam Menyisihkan Kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) Dan Amonia (NH<sub>3</sub>-N)”. Laporan ini disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai gelar Sarjana pada Program Studi S-1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dukungannya khususnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis atas cinta dan kasih sayang, kesabaran yang tulus dan ikhlas membesarkan, merawat, memberikan dukungan moral dan material, serta selalu mendoakan penulis selama berkuliah hingga mampu menyelesaikan studi di S-1 Teknik Lingkungan.
3. Kakak perempuan saya yang tersayang yang selalu menemani, membantu, memberikan dukungan dan semangat selama perkuliahan berlangsung.
4. Ibu Dr. Ir. Nopi Stiyati Prihatini, S. Si., M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran, masukan dan wawasan beliau kepada penulis selama penyelesaian skripsi.
5. Bapak Badaruddin Mu'min, S.T., M.T. dan Bapak Chairul Abdi, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan selama penyusunan skripsi.

6. Seluruh dosen dan staf Program Studi S-1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat yang telah membimbing dan memfasilitasi penulis selama kegiatan perkuliahan.
7. Yayasan Karya Salemba Empat dan teman-teman Paguyuban Karya Salemba Empat ULM karena telah mengizinkan saya untuk menjadi penerima beasiswa pendidikan dari tahun 2023-2025 yang sangat mendukung keperluan finansial penulis selama masa perkuliahan dan memberikan banyak pengalaman terutama terkait pengembangan masyarakat.
8. Alika Nursavinna seseorang yang selalu menemani dalam keadaan suka maupun duka, yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, serta memberikan dukungan, motivasi, pengingat, serta menemani penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
9. Teman-teman PT SKK menjadi salah satu tempat penulis dalam melepas penat, serta berbagi suka dan duka selama masa perkuliahan.
10. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2021 (Agrupana), terima kasih atas dukungan dan kerja sama yang diberikan selama masa perkuliahan dan dalam menyusun tugas akhir.
11. Rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ULM periode 2023 dan 2024 yang sudah memberikan saya kesempatan untuk belajar dan kebersamaan saya selama proses perkuliahan.
12. Terima kasih kepada diri sendiri yang sudah sampai kepada tahap ini dan terus berjuang, tidak menyerah serta selalu berusaha berpikiran positif.

13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa semua hal tidak dapat diselesaikan dengan sempurna, khususnya pada skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran agar skripsi ini dapat lebih bermanfaat bagi pembaca, serta dapat meningkatkan wawasan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki pembaca.

Banjarbaru, Juni 2025



Muhammad Akbar

NIM 2110815110010

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>PRAKATA.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI .....</b>	<b>xv</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Limbah Cair Tempe.....	7
2.2 Karakteristik Limbah Cair Tempe.....	7
2.3 Standar Baku Mutu Limbah Cair Tempe.....	9
2.4 Unit Filtrasi .....	10
2.4.1 Pengertian Filtrasi.....	10
2.4.2 Mekanisme Penyisihan Kontaminan di Filtrasi.....	15
2.4.3 Media Filter .....	16
2.4.3.1 Kerikil.....	16

2.4.3.2 Pasir Silika.....	17
2.4.3.3 Karbon Aktif.....	18
2.5 Unit Fitoremediasi.....	19
2.5.1 Pengertian Fitoremediasi .....	19
2.5.2 MekanismeFitoremediasi.....	19
2.5.3 Kriteria Desain.....	21
2.5.4 Faktor yang Memengaruhi Fitoremediasi .....	22
2.5.5 Tanaman yang Digunakan .....	23
2.6 Paramater yang Diteliti.....	25
2.6.1 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> .....	25
2.6.2 Amonia (NH <sub>3</sub> -N) .....	25
2.7 Studi Pustaka.....	26
2.8 Hipotesis .....	27
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Rancangan Penelitian .....	28
3.1.1 Variabel Penelitian .....	29
3.1.2 Kerangka Penelitian.....	30
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	31
3.2.1 Waktu Penelitian .....	31
3.2.2 Lokasi Penelitian.....	31
3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian .....	32
3.3.1 Bahan.....	32
3.3.2 Alat .....	32
3.4 Prosedur Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data.....	32
3.4.1 Prosedur Penelitian.....	33
3.4.2 Teknik Pengumpulan Data .....	38
3.5 Cara Analisis Hasil .....	38

3.5.1 Analisis untuk Mengetahui Karakteristik Limbah Cair Tempe .....	39
3.5.2 Analisis untuk Mengetahui Persentase Efisiensi Pada Set Pengolahan (Filtrasi dan Fitoremediasi) .....	39
3.5.3 Analisis untuk Mengetahui Variasi Waktu Kontak yang Paling Tertinggi dalam Penurunan Kandungan pada Limbah Cair Tempe .....	40
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
4.1 Analisis Karakteristik Limbah Cair Tempe .....	41
4.2 Analisis Efisiensi Set Pengolahan Limbah Cair Tempe terhadap Penurunan Parameter TSS dan Amonia (NH <sub>3</sub> -N) .....	45
4.2.1 Analisis Efisiensi Penurunan Parameter TSS Pada Unit Filtrasi dan Fitoremediasi .....	46
4.2.2 Analisis Efisiensi Penurunan Parameter Amonia (NH <sub>3</sub> -N) Pada Unit Filtrasi dan Fitoremediasi .....	50
4.2.3 <i>Mass Balance</i> .....	55
4.2.4 Analisis Regresi Set Pengolahan terhadap Penyisihan Parameter Uji .....	59
4.2.5 Analisis Kinetika Reaksi Penyisihan Parameter Uji .....	62
4.3 Analisis Variasi Waktu Kontak Optimum untuk Mereduksi Limbah Cair Tempe .....	64
4.3.1 Analisis Variasi Waktu Kontak Optimum pada Unit Fitoremediasi .....	64
4.3.2 Pengamatan Berat Basah Eceng Gondok Setelah Proses Fitoremediasi .....	69
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>71</b>
5.1 Kesimpulan .....	71
5.2 Saran .....	73
<b>DAFTAR RUJUKAN .....</b>	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Karakteristik Limbah Cair Tempe.....	8
<b>Tabel 2. 2</b> Baku Mutu Limbah Cair Tempe .....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Kriteria Desain Unit Filtrasi.....	11
<b>Tabel 2. 4</b> Kriteria Desain Unit Fitoremediasi Free Water Surface .....	21
<b>Tabel 2. 5</b> Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan .....	26
<b>Tabel 3. 1</b> Data Yang Diperlukan .....	38
<b>Tabel 3. 2</b> Parameter dan Metode Uji .....	39
<b>Tabel 3. 3</b> Waktu Kontak Yang Akan Dianalisis.....	40
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil Uji Awal Limbah Cair Tempe .....	41
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil Analisis Penurunan Parameter TSS.....	46
<b>Tabel 4. 3</b> Efisiensi Parameter TSS Unit Filtrasi.....	48
<b>Tabel 4. 4</b> Efisiensi Parameter TSS Unit Fitoremediasi.....	49
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil Analisis Penurunan Parameter Amonia (NH <sub>3</sub> -N).....	50
<b>Tabel 4. 6</b> Efisiensi Parameter Amonia (NH <sub>3</sub> -N) Unit Filtrasi .....	52
<b>Tabel 4. 7</b> Efisiensi Parameter Amonia (NH <sub>3</sub> -N) Unit Fitoremediasi .....	53
<b>Tabel 4. 8</b> Hasil Laju Reaksi pada Parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	63
<b>Tabel 4. 9</b> Hasil Laju Reaksi pada Parameter Amonia (NH <sub>3</sub> -N).....	64

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Kerikil.....	17
<b>Gambar 2. 2</b> Pasir Silika.....	17
<b>Gambar 2. 3</b> Karbon Aktif.....	18
<b>Gambar 2. 4</b> Mekanisme Fitoremediasi (Sumber: Aghili & Golzary, 2023) .....	19
<b>Gambar 3. 1</b> Kerangka Penelitian .....	30
<b>Gambar 3. 2</b> Rancangan Reaktor .....	34
<b>Gambar 3. 3</b> Reaktor Filtrasi .....	35
<b>Gambar 3. 4</b> Reaktor Fitoremediasi.....	37
<b>Gambar 4. 1</b> Sampel Awal Limbah Cair Tempe .....	42
<b>Gambar 4. 2</b> Reaktor Pengolahan Limbah Cair Tempe .....	45
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik Efisiensi Penurunan Parameter TSS .....	47
<b>Gambar 4. 4</b> Grafik Efisiensi Penurunan Parameter Amonia (NH <sub>3</sub> -N).....	52
<b>Gambar 4. 5</b> <i>Mass Balance</i> Set A1.....	55
<b>Gambar 4. 6</b> <i>Mass Balance</i> Set A2.....	57
<b>Gambar 4. 7</b> <i>Mass Balance</i> Set A3.....	58
<b>Gambar 4. 8</b> Grafik Analisis Regresi Parameter TSS ( <i>Total Suspended Solid</i> ) .	60
<b>Gambar 4. 9</b> Grafik Analisis Regresi Parameter Amonia (NH <sub>3</sub> -N).....	61
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik Kinetika Reaksi Parameter TSS .....	62
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik Kinetika Reaksi Parameter Amonia (NH <sub>3</sub> -N).....	63
<b>Gambar 4. 12</b> Nilai Penurunan TSS pada Fitoremediasi .....	65
<b>Gambar 4. 13</b> Nilai Penurunan Amonia (NH <sub>3</sub> -N) pada Fitoremediasi .....	67
<b>Gambar 4. 14</b> Grafik Berat Basah Eceng Gondok .....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A.</b> Kondisi Fisik Reaktor .....	81
<b>Lampiran B.</b> Perhitungan.....	82
<b>Lampiran C.</b> Tabel Hasil Pengamatan .....	100
<b>Lampiran D.</b> Hasil Uji Laboratorium Parameter TSS dan Amonia (NH <sub>3</sub> -N).....	103
<b>Lampiran E.</b> Metode Pengujian Parameter TSS dan Amonia (NH <sub>3</sub> -N) .....	107
<b>Lampiran F.</b> Log Book Penelitian .....	109

## DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

A	= Luas penampang
C <sub>i</sub>	= Konsentrasi akhir
cm	= Sentimeter
C <sub>o</sub>	= Konsentrasi awal
E	= Efisiensi
HLR	= <i>Hydraulic Loading Rate</i>
HRT	= <i>Hydraulic Retention Time</i>
kg/cm <sup>3</sup>	= Kilogram per sentimeter kubik
L	= Liter
l/menit	= Liter per menit
m	= Meter
mg	= Miligram
mg/L	= Miligram per liter
mL/menit	= Mililiter per menit
pH	= <i>Power of Hydrogen</i>
Q	= Debit aliran
TSS	= <i>Total Suspended Solid</i>