

Kemampuan Koagulan Lidah Buaya (*Aloe vera*) dan Tawas dalam Pengukuran BOD, COD, TSS, pH dan Amoniak pada Limbah Cair Tempe

Eka Febri Wahyuningsih*, Ade Ariesmayana, Frebhika Sri Puji Pangesti

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya, Kota Serang

*Koresponden email: febrimahyuningsih40@gmail.com

Diterima: 19 Agustus 2025

Disetujui: 25 Agustus 2025

Abstract

Tempeh liquid waste has characteristics such as an unpleasant odor, cloudy color and has a high content of suspended and dissolved organic substances. Improper waste handling can cause environmental pollution. This study aims to determine the ability of aloe vera and alum coagulants ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) in the measurement of BOD, COD, TSS, PH and Ammonia in tempeh liquid waste based on the quality standards in the Ministry of Environment Regulation No. 5 of 2014 and the efficiency of reduction. In this study, the method used is experimental research with a coagulation process. Aloe vera as a biocoagulant and alum as a chemical coagulant. The addition of aloe vera and alum coagulant as much as 60 ml/L to tempeh wastewater caused a decrease in pH of 3.84 (51.52%), and an increase in BOD of 92.06 mg/L (32.36%), COD of 326.42 mg/L (5.51%), TSS of 298.50 mg/L (82.01%) and Ammonia of 9.93 mg/L (56.60%) after the addition of aloe vera. In the addition of alum, there was a decrease in pH of 3.79 (52.09%), COD of 206.71 mg/L (33.19%), and an increase in BOD of 83.88 mg/L (20.60%), TSS of 330.75 mg/L (101.68%), and Ammonia of 7.90 mg/L (24.64%). This shows that aloe vera and alum are able to lower the pH. Meanwhile, alum is also effective in reducing COD according to the set quality standards. However, the final pH is below the quality standard so that the waste becomes acidic.

Keywords: *tempeh liquid waste, aloe vera, alum*

Abstrak

Limbah cair tempe mempunyai karakteristik seperti bau yang tidak sedap, berwarna keruh dan memiliki kandungan zat organik tersuspensi dan terlarut yang tinggi. Penanganan limbah yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan koagulan lidah buaya dan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dalam pengukuran BOD, COD, TSS, pH dan Amoniak pada limbah cair tempe berdasarkan baku mutu dalam Permen LH No. 5 Tahun 2014 serta efisiensi penurunan. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan proses koagulasi. Lidah buaya sebagai biokoagulan dan tawas sebagai koagulan kimia. Penambahan koagulan lidah buaya dan tawas sebanyak 60 ml/L pada air limbah tempe menyebabkan penurunan pH sebesar 3,84 (51,52%), dan peningkatan BOD sebesar 92,06 mg/L (32,36%), COD sebesar 326,42 mg/L (5,51%), TSS sebesar 298,50 mg/L (82,01%) serta Amoniak sebesar 9,93 mg/L (56,60%) setelah penambahan lidah buaya. Pada penambahan tawas terjadi penurunan pH sebesar 3,79 (52,09%), COD sebesar 206,71 mg/L (33,19%), dan peningkatan BOD sebesar 83,88 mg/L (20,60%), TSS sebesar 330,75 mg/L (101,68%), serta Amoniak sebesar 7,90 mg/L (24,64%). Hal ini menunjukkan bahwa lidah buaya dan tawas mampu menurunkan pH. Sedangkan tawas juga efektif menurunkan COD sesuai baku mutu yang ditetapkan. Namun, pH akhir di bawah baku mutu sehingga limbah menjadi asam.

Kata Kunci: *limbah cair tempe, lidah buaya, tawas*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan pasar kedelai terbesar di Asia dan salah satu produsen tempe terbesar di dunia. Sebagian besar mengkonsumsi 50% kedelai digunakan membuat tempe, 40% digunakan membuat tahu, serta sebanyak 10% digunakan membuat produksi seperti tauco dan kecap. Saat ini, rata-rata penduduk Indonesia mengonsumsi 6,45 kg tempe setiap tahunnya [1]. Tempe merupakan makanan khas Indonesia yang berbahan dasar kedelai dan memiliki kandungan gizi sehingga sangat baik untuk dikonsumsi oleh tubuh manusia [2]. Dalam proses pembuatan tempe, air yang dibutuhkan untuk mencuci, merebus,

merendam, dan fermentasi kedelai sangat banyak. Limbah cair dari proses produksi tempe dibuang begitu saja ke badan air sekitar tanpa diolah [3].



Gambar 1. Limbah Cair Tempe
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Limbah tempe tersebut dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yaitu diantaranya timbulnya bau tidak sedap, kemudian ciri kompleks limbah cair hasil proses pembuatan tempe terlihat dari tingginya kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspension Solid*) yang disebabkan oleh adanya bahan-bahan koloid dan padatan tersuspensi misalnya protein, lemak, dan selulosa dalam konsentrasi tinggi serta bahan-bahan organik yang menurunkan kualitas air [4]. Maka diperlukan upaya untuk menanggulangi pencemaran lingkungan, salah satu teknologi pengolahan limbah cair yang dapat dimanfaatkan adalah metode koagulasi.

Koagulasi adalah metode pengolahan air limbah yang dapat diaplikasikan untuk menghilangkan partikel koloid, tersuspensi serta zat pencemar. Pada proses ini dilakukan dengan menambahkan koagulan untuk mengikat partikel dalam air agar membentuk flok atau gumpalan serta memudahkan proses pemisahan dan pengendapan [5]. Koagulan berperan dalam mengganggu stabilitas suspensi koloid bermuatan negatif dengan memasok kation [6].

Koagulan yang dipakai yaitu koagulan kimia seperti tawas dan koagulan alami seperti lidah buaya. Kemudian dua jenis koagulan tersebut akan dibandingkan kemampuannya dalam menurunkan parameter pencemar. Koagulan kimia yaitu aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) pada dasarnya mudah didapatkan dan ekonomis. Koagulan tawas berguna untuk memekatkan zat-zat koloid di dalam air limbah yang mempunyai tingkat alkalinitas tinggi [6]. Sedangkan, lidah buaya mengandung polisakarida dan mucilage yang mengikat partikel-partikel di dalam air [7]. Daun *aloe vera* juga mengandung mineral seperti Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Kalium (K), Sodium (Na), Zink (Zn), Besi (Fe), dan Kromium (Cr) yang dapat membantu pembentukan gumpalan pada limbah cair [8].

Menurut beberapa penelitian menyatakan bahwa efisiensi proses koagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi dan jenis bahan tersuspensi, waktu dan kecepatan pengadukan, pH dan adanya jenis ion terlarut seperti sulfat dan fosfat [6]. Untuk mengurangi pencemaran akibat limbah cair tempe diperlukan pengolahan air limbah. Pada penelitian ini menggunakan tawas dan lidah buaya sebagai koagulan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kemampuan tawas dan lidah buaya (*aloe vera*) dalam mengukur kadar BOD, COD, TSS, pH, dan amoniak limbah cair tempe.

2. Metode Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah lidah buaya 60 ml/l, tawas 10 %, aquades 600 ml dan limbah cair tempe 1000 ml. Alat yang digunakan adalah *beaker glass*, gelas ukur, pisau, blender, jar test, pipet tetes, kertas saring, *stopwatch*, timbangan, botol dirigen, botol galon dan botol aqua.

Proses Pengambilan Air Limbah Cair Tempe

Pengambilan sampel dengan menggunakan dirigen kemudian ditampung ke galon sebanyak 10 L. Setelah itu dibawa ke laboratorium untuk dilakukan proses perlakuan sampel dengan cara koagulasi menggunakan koagulan yaitu lidah buaya dan tawas.

Pembuatan Koagulan Lidah Buaya (*Aloe vera*)

Siapkan tanaman *aloe vera* atau lidah buaya. Lalu ambil dan bersihkan daun lidah buaya. Keluarkan daging atau gel dari daun lidah buaya setelah lapisan luarnya dihilangkan. Setelah itu daging lidah buaya dipotong kecil-kecil. Gel atau daging lidah buaya kemudian dihaluskan dengan blender hingga kental dan menjadi bubur. Koagulan berbahan dasar lidah buaya siap digunakan.

Pembuatan Koagulan Tawas 10%

Siapkan tawas bubuk. Ambil dan timbang tawas bubuk sebanyak 60 gr. Lalu larutkan tawas bubuk dengan aquades sampai dengan 600 ml. Koagulan tawas dengan konsentrasi 10% siap digunakan.

Proses Koagulasi dengan Koagulan Lidah Buaya dan Tawas

Proses awal yaitu dengan menyiapkan gelas beaker 1000 ml kemudian dimasukkan 1000 ml sampel limbah cair tempe. Selanjutnya sampel ditambahkan biokoagulan lidah buaya dan koagulan tawas dengan masing-masing dosis 60 ml/l. Setelah itu, dilakukan proses koagulasi menggunakan alat jar test dengan kecepatan yang sudah ditentukan yaitu aduk cepat dengan kecepatan 120 rpm selama satu menit. Setelah pengadukan selesai, turunkan kecepatan menjadi 60 rpm selama lima belas menit setelah selesai tahap pengadukan, langkah berikutnya yaitu pengendapan atau sedimentasi selama 30 menit. Kemudian dilakukan analisis sampel limbah cair tempe berdasarkan indikator pencemar yaitu BOD, COD, TSS, pH dan Amoniak.

Perhitungan Efisiensi Penurunan

Efisiensi dihitung untuk mengetahui seberapa besar kemampuan koagulan tawas dan lidah buaya dalam mengukur parameter BOD, COD, TSS, pH, dan Amoniak limbah cair tempe setelah koagulasi, menggunakan rumus efisiensi penurunan berikut [9]:

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{(\text{Awal}-\text{Akhir})}{\text{Awal}} \times 100\%$$

Keterangan:

% Efisiensi = Efisiensi penurunan (%)

Awal = Angka awal sebelum jartest (mg/L)

Akhir = Angka akhir setelah jartest (mg/L)

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Cair Tempe

Hasil data pengujian limbah cair tempe menunjukkan tingkat BOD, COD, TSS, pH dan amoniak sebagaimana **Tabel 1** dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Awal Sampel Limbah Cair Tempe

No.	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu	Keterangan
1.	BOD	mg/L	69,55	150	Sesuai Baku Mutu
2.	COD	mg/L	309,38	300	Melebihi Baku Mutu
3.	TSS	mg/L	164	100	Melebihi Baku Mutu
4.	pH	-	7,91	6-9	Sesuai Baku Mutu
5.	Amoniak	mg/L	6,338	10	Sesuai Baku Mutu

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil uji karakteristik limbah cair tersebut menunjukkan bahwa sejumlah parameter pada limbah cair tempe belum memenuhi kriteria baku mutu, terutama kadar COD dan TSS sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

Hasil Uji Limbah Cair Tempe Setelah Perlakuan dengan Koagulan Lidah Buaya dan Tawas

Hasil uji parameter pada penelitian ini yakni BOD, COD, TSS, pH dan Amoniak sampel air limbah tempe sesudah perlakuan dengan jar test dan penambahan biokoagulan *aloe vera* maupun koagulan tawas 10% dengan dosis 60 ml/l. Berikut **Tabel 2** dibawah ini.

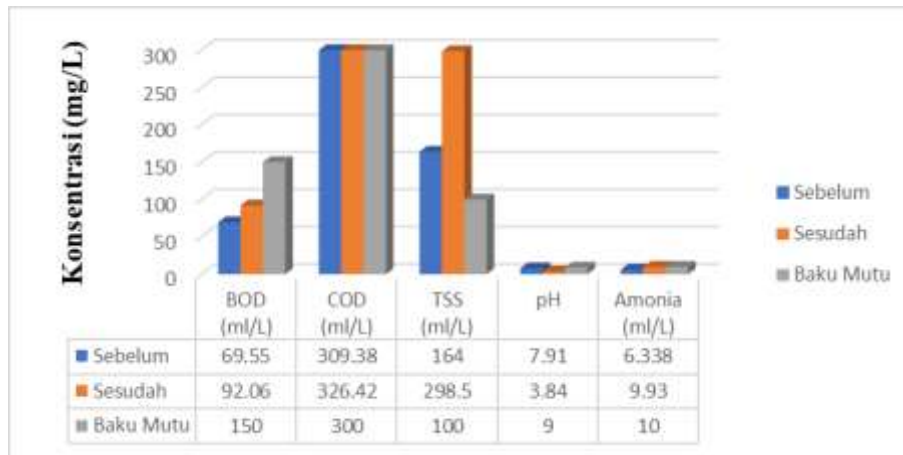
Tabel 2. Hasil dari Uji Kadar Air Limbah Tempe Menggunakan Lidah Buaya dan Tawas

Parameter Uji	Nilai Awal	Lidah Buaya 60 ml/L	Tawas 60 ml/L	Baku Mutu Lingkungan
BOD (mg/L)	69,55	92,06	83,88	150
COD (mg/L)	309,38	326,42	206,71	300
TSS (mg/L)	164	298,50	330,75	100
pH	7,91	3,84	3,79	6-9
Amoniak (mg/L)	6,338	9,93	7,90	10

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

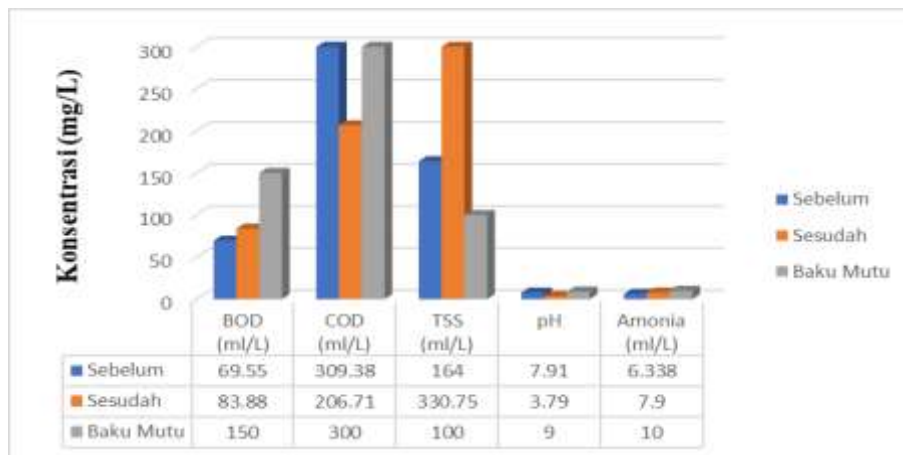
Keterangan: Angka Tebal Menandakan Sudah Memenuhi Standar Baku Mutu Permen LH RI Nomor 5 Tahun 2014.

Hasil pengujian parameter pencemar limbah cair tempe ditunjukkan pada **Tabel 2** dan **Gambar 2** setelah proses koagulasi dengan penambahan koagulan *Aloe vera*. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang kriteria penetapan baku mutu air limbah, hasil pengujian parameter air limbah menunjukkan hanya sebagian kecil parameter pencemar yang memenuhi baku mutu lingkungan. Kadar amonia sebesar 9,93 mg/L dan BOD sebesar 92,06 mg/L memenuhi syarat mutu.



Gambar 2. Grafik Perlakuan Parameter Air Sebelum, dan Sesudah (60 ml/L) dengan Baku Mutu
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Pada hasil pengujian kadar pencemar sesudah perlakuan dengan penambahan koagulan tawas juga menunjukkan bahwa hanya beberapa parameter pencemar yang telah sesuai standar baku mutu Permen LH Nomor 5 Tahun 2014. Parameter tersebut yaitu BOD dengan nilai 83,88 mg/l, COD dengan nilai 206,71 mg/l, dan Amoniak dengan nilai 7,90 mg/l. Ini Sebagaimana ditunjukkan **Gambar 3** dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Perlakuan Parameter Air Sebelum, dan Sesudah (60 ml/L) dengan Baku Mutu
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Kemampuan Antara Koagulan *Aloe vera* Dan Tawas Terhadap Pengukuran BOD Pada Limbah Cair Tempe

Pada **Tabel 3** menunjukkan efektivitas penurunan nilai BOD sebagai berikut:

Dosis Koagulan (ml/l)	Nilai BOD	
	Koagulan <i>Aloe vera</i>	Koagulan Tawas
60	-32,36%	-20,60%

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

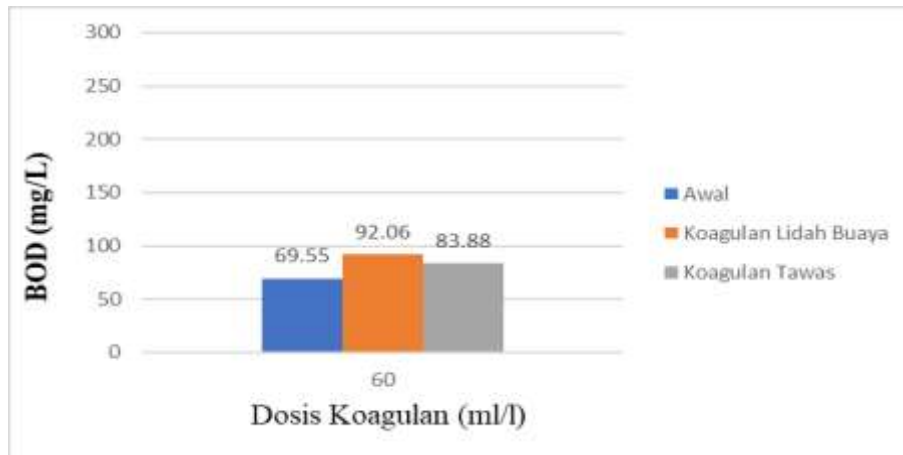
Keterangan:

Tanda (-) = Tidak mengalami penurunan tetapi mengalami peningkatan

Berdasarkan hasil uji parameter pencemar nilai BOD terjadi peningkatan setelah penambahan koagulan lidah buaya dan tawas tetapi hasil tersebut tidak melampaui baku mutu dan dapat dinyatakan

bahwa kadar BOD limbah cair tempe masih memenuhi baku mutu lingkungan sesuai Permen LH No. 5 Tahun 2014.

Pada **Gambar 4** menunjukkan grafik nilai kadar BOD terhadap kedua koagulan. Grafik tersebut menunjukkan bahwa baik koagulan *aloe vera* (lidah buaya) maupun tawas meningkatkan kadar BOD. Namun, tetap memenuhi standar kualitas limbah cair tempe.



Gambar 4. Grafik BOD pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan Tawas
 Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Kemampuan Antara Koagulan Aloe vera Dan Tawas Terhadap Pengukuran COD Pada Limbah Cair Tempe

Pada **Tabel 4** menunjukkan efektivitas penurunan nilai COD sebagai berikut:

Dosis Koagulan (ml/l)	Nilai COD	
	Koagulan <i>Aloe vera</i>	Koagulan Tawas
60	-5,51%	33,19%

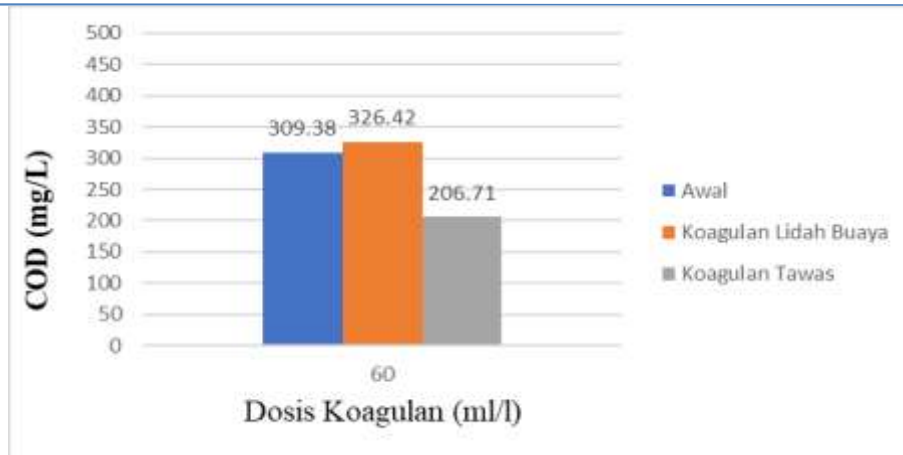
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Keterangan:

Tanda (-) = Tidak mengalami penurunan tetapi mengalami peningkatan

Berdasarkan hasil uji parameter pencemar persentase nilai COD terjadi peningkatan pada penggunaan koagulan *aloe vera* sehingga nilai COD belum memenuhi baku mutu. Karena meningkatnya nilai COD terjadi akibat penurunan bahan organik dan anorganik dalam limbah industri, sehingga menyebabkan rendahnya oksigen dalam air [10]. Namun, pada saat penambahan koagulan tawas kadar nilai COD terjadi penurunan sebesar 33,19% yang menunjukkan bahwa nilai COD telah sesuai standar mutu lingkungan Peraturan Menteri LH Nomor 5 Tahun 2014. Karena koagulan lidah buaya mengandung senyawa organik seperti polisakarida (asam poligalakturonat) yang tinggi, yang mengakibatkan peningkatan jumlah organik terlarut dalam air saat proses pengolahan. [11].

Pada **Gambar 5** menunjukkan grafik antara kedua koagulan terhadap nilai kadar COD. Grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai kadar COD setelah penambahan koagulan lidah buaya meningkat dan belum memenuhi baku mutu. Sebaliknya, nilai kadar COD setelah penambahan koagulan tawas menurun dan memenuhi baku mutu limbah cair tempe.



Gambar 5. Grafik COD pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan Tawas
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Kemampuan Koagulan Aloe vera Dan Tawas Terhadap Pengukuran TSS Pada Limbah Cair Tempe
Pada Tabel 5 menunjukkan efektivitas penurunan nilai TSS sebagai berikut:

Tabel 5. Persentase Kadar TSS Limbah Cair Tempe

Dosis Koagulan (ml/l)	Nilai TSS	
	Koagulan Aloe vera	Koagulan Tawas
60	-82,01%	-101,68%

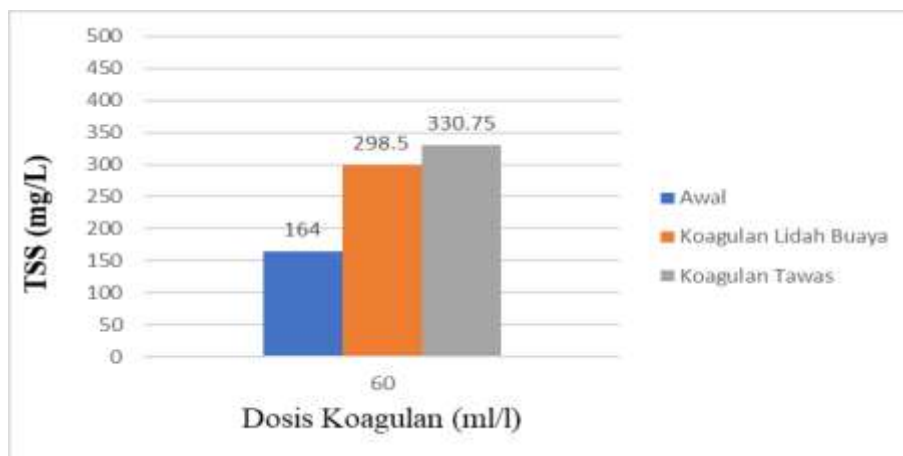
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Keterangan:

Tanda (-) = Tidak mengalami penurunan tetapi mengalami peningkatan

Peningkatan terjadi setelah penambahan koagulan *aloe vera* maupun koagulan tawas dikarenakan lidah buaya mengandung polisakarida seperti pektin yang bersifat asam dan hidrofilik, sehingga ketika ditambahkan ke dalam air limbah yang sudah asam, pektin dapat meningkatkan kelarutan bahan organik dan partikel tersuspensi [12]. Jika lidah buaya (*Aloe vera*) ditambahkan ke dalam air limbah, pH nya dapat menjadi lebih asam karena pH gelnya sekitar 4-5. Kondisi pH asam ini dapat mengganggu proses koagulasi karena perubahan muatan permukaan partikel dan koagulan. Gumpalan yang terbentuk menjadi kurang padat dan stabil, sehingga partikel tersuspensi tidak mengendap sempurna dan menyebabkan peningkatan kadar TSS [13].

Pada Gambar 6 menunjukkan grafik nilai kadar TSS terhadap kedua koagulan. Grafik dibawah ini menunjukkan baik koagulan *aloe vera* maupun tawas meningkatkan nilai kadar TSS. Sehingga, belum memenuhi standar kualitas limbah cair tempe.



Gambar 6. Grafik TSS pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan Tawas
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Kemampuan Koagulan Aloe vera Dan Tawas Terhadap Pengukuran pH Pada Limbah Cair Tempe
Pada Tabel 6 menunjukkan efektivitas penurunan nilai pH sebagai berikut:

Tabel 6. Persentase Kadar pH Limbah Cair Tempe

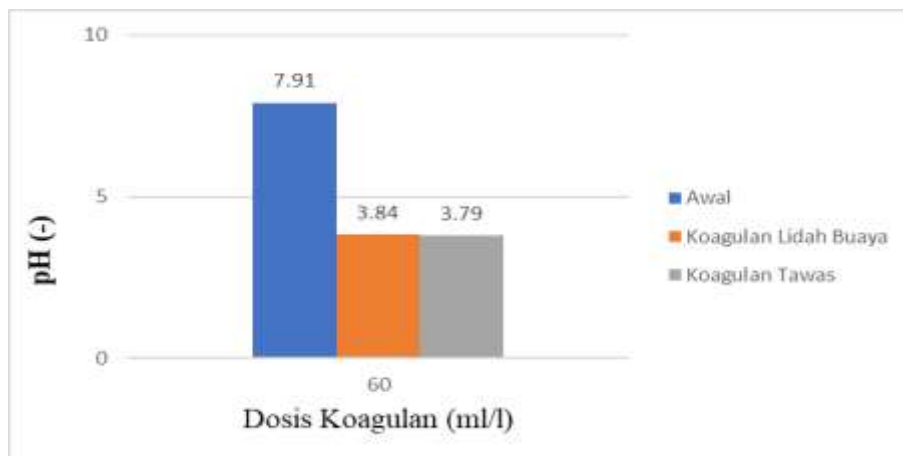
Dosis Koagulan (ml/l)	Nilai pH	
	Koagulan <i>Aloe vera</i>	Koagulan Tawas
60	51,52%	52,09%

Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Berdasarkan hasil uji parameter pH sesudah penambahan koagulan tawas dan *Aloe vera* setelah perlakuan terjadi penurunan nilai pH sebesar 51,52% pada penggunaan koagulan *Aloe vera* dan 52,09% pada penggunaan koagulan tawas. Maka hal tersebut menyatakan dengan penambahan koagulan tawas mampu menurunkan nilai pH lebih banyak, namun masih belum memenuhi baku mutu limbah cair tempe. Berdasarkan penelitian lidah buaya mampu menurunkan pH sebesar 0.32 dari pH awal sebesar 8.24 kemudian setelah perlakuan nilai pH sebesar 7.92. Dengan menambahkan gel lidah buaya, pH nya turun karena lidah buaya memiliki sifat asam dengan pH 4-5. Menambahkan senyawa ion terlarut H^+ ke dalam asam akan menyebabkan kesetimbangan bergeser ke kiri (asam), karena ion H^+ terikat pada ion OH^- [13].

Sedangkan koagulan aluminium sulfat memiliki basisitas 0%, yang membuat larutan bersifat asam dan memiliki kemampuan untuk menurunkan nilai pH secara signifikan. Karena ion aluminium bersifat amfoterik dan bergantung pada lingkungannya, akibatnya pH larutan turun, dan konsentrasi ion H^+ dibebaskan pada jumlah yang lebih tinggi dalam reaksi ini. Untuk memastikan muatan produk hidrolisis, penting untuk mempertimbangkan bagaimana pH air mempengaruhi ion H^+ dan OH^- selama koagulasi. Hal ini karena kompleks tersebut mungkin mengandung ion OH^- yang dapat menggantikan ion divalen seperti SO_4^{2-} dan HPO_4^{2-} dan berdampak mengubah karakteristik endapan [14].

Grafik kadar pH terhadap kedua koagulan dapat dilihat pada **Gambar 7**. Grafik tersebut menunjukkan bahwa kadar pH turun setelah kedua koagulan lidah buaya dan tawas diberikan. Namun, belum memenuhi baku mutu limbah cair tempe.



Gambar 7. Grafik pH pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan Tawas
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Kemampuan Koagulan *Aloe vera* Dan Tawas Terhadap Pengukuran Amoniak Pada Limbah Cair Tempe

Pada **Tabel 7** menunjukkan efektivitas penurunan nilai Amoniak sebagai berikut:

Tabel 7. Persentase Kadar Amoniak Limbah Cair Tempe

Dosis Koagulan (ml/l)	Nilai Amoniak	
	Koagulan <i>Aloe vera</i>	Koagulan Tawas
60	-56,60	-24,64

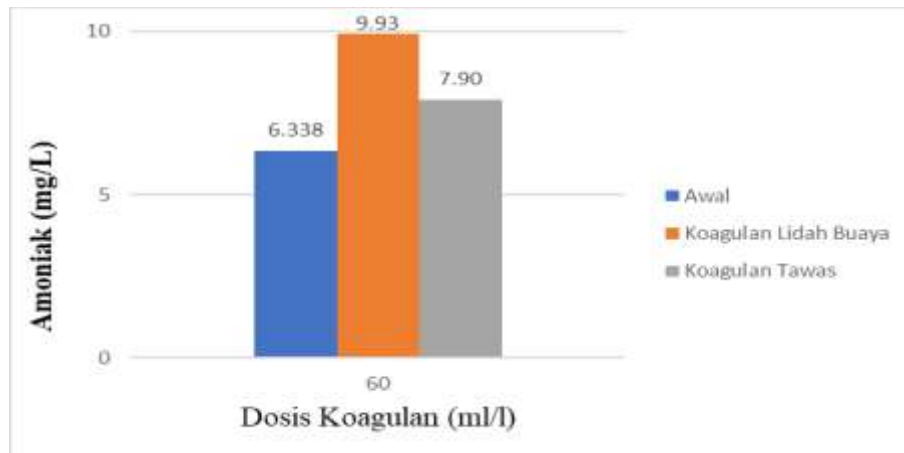
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Keterangan:

Tanda (-) = Tidak mengalami penurunan tetapi mengalami peningkatan

Hasil penelitian parameter pencemar menunjukkan bahwa peningkatan nilai amonia dengan penambahan koagulan tawas dan lidah buaya. Meskipun tawas dan lidah buaya tidak efektif dalam menurunkan amonia, kadar amonia masih berada dalam ambang batas baku mutu, yaitu belum melampaui baku mutu lingkungan yang ditetapkan sebesar 10 mg/l sebagaimana tercantum dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Lidah buaya mengandung senyawa organik, maka terjadi

peningkatan amoniak pada limbah cair tempe yang diakibatkan protein dalam limbah terurai oleh mikroorganisme karena terjadi penambahan bahan organik dalam air. Sedangkan ketika penambahan tawas tersebut terjadi penghambatan nitrifikasi akibat pH turun oleh ion H^+ maka terjadi peningkatan terhadap amoniak [15]. **Gambar 8** menunjukkan grafik bahwa kadar amoniak meningkat oleh koagulan tawas dan lidah buaya. Namun, hal ini masih memenuhi persyaratan mutu limbah cair tempe.



Gambar 8. Grafik Amoniak pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan Tawas
 Sumber: Hasil Penelitian (2025)

4. Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis konsentrasi BOD, COD, TSS, pH, dan amoniak pada limbah cair tempe sebelum dan sesudah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi konsentrasi BOD, COD, TSS, pH, dan amoniak. Konsentrasi BOD dengan nilai 92,06 mg/l, COD 326,42 mg/l, TSS 298,50 mg/l, pH 3,84, dan amoniak 9,93 mg/l setelah penambahan *aloe vera*. Sementara konsentrasi BOD adalah 83,88 mg/l, COD 206,71 mg/l, TSS 330,75 mg/l, pH 3,79, dan amoniak 7,90 mg/l setelah penambahan koagulan tawas. Konsentrasi COD meningkat, sementara pH turun menjadi 3,84 dan 3,79. Konsentrasi BOD, TSS, dan amoniak meningkat, tetapi BOD dan amoniak masih berada pada batas aman. TSS tidak memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri LH No. 5 Tahun 2014.

Hasil setelah penambahan *Aloe vera*, hampir semua parameter meningkat kecuali pH yang menurun. Penggunaan tawas lebih efektif dalam menurunkan COD sesuai baku mutu Permen LH No. 5 Tahun 2014, namun kedua koagulan belum mampu menurunkan TSS sesuai baku mutu yang ditetapkan. Hanya BOD dan amoniak yang masih berada dalam batas aman, sementara pH tetap di bawah standar.

Hasil efisiensi penurunan terjadi pada parameter pH sebesar 51,52% setelah penambahan *Aloe vera* dan 52,09% dengan tawas. Kemudian efisiensi penurunan terjadi pada COD 33,19% setelah penambahan tawas.

5. Saran

Disarankan perlu dilakukan penelitian menyeluruh untuk mengetahui jenis koagulan, variasi dosis, dan faktor lain yang berkontribusi terhadap penurunan serta kenaikan parameter pencemar. Sesuai dengan Permen LH No. 5 Tahun 2014, penelitian ini dapat mengembangkan lebih lanjut kombinasi metode pengolahan limbah cair tempe untuk menurunkan TSS dan COD. Disarankan untuk menggunakan jenis koagulan dan variasi dosis yang berbeda untuk menilai efektivitas penurunan kadar pencemar.

6. Daftar Pustaka

- [1] PUSIDO BSN, "Tempe: Persembahan Indonesia untuk Dunia, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta," Jakarta, 2012. [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [2] T. Akbari and L. Sumarni, "Analisis Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Tempe," *Agrointek*, vol. 15, no. 2, pp. 624–632, Jun. 2021, doi: 10.21107/agrointek.v15i2.9314.
- [3] M. R. R. B. Pakpahan, R. Ruhiyat, and D. I. Hendrawan, "Karakteristik Air Limbah Industri Tempe (Studi Kasus: Industri Tempe Semanan, Jakarta Barat)," *Jurnal Bhuwana*, vol. 1, no. 2, pp. 164–172, Dec. 2021, doi: 10.25105/bhuwana.v1i2.12535.

- [4] Amanda, Yessinta Trizna. "Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea Saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS, Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe." *Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember* (2019).
- [5] S. F. Ekoputri, A. Rahmatunnissa, F. Nulfaidah, Y. Ratnasari, M. Djaeni, and D. A. Sari, "Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi pada Industri Kimia," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 7781–7787, Dec. 2023, doi: 10.32672/jse.v9i1.715.
- [6] Suprihatin and M. Romli, *Teknologi Penanganan Limbah Cair Agroindustri*. Bogor: IPB Press, Bogor., 2023.
- [7] S. A. Prabhakar, N. Ojha, and N. Das, "Application of Aloe vera mucilage as bioflocculant for the treatment of textile wastewater: Process optimization," *Water Science and Technology*, vol. 82, no. 11, pp. 2446–2459, 2020, doi: 10.2166/wst.2020.512.
- [8] S. , Pawar and V. Kamble, "Quantitative Assessment of Mineral Composition of Aloe vera (L.) Burm.f. leaves by ICP-MS and CHNS Analyzer," *International Journal of Science and Research*, vol. 4, pp. 1372–1376, 2015.
- [9] A. Zakaria, S. Sauri, D. M. Fadela, and P. S. A. Wardhani, "Efisiensi Penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride dengan metode Jar Test," *Warta Akab*, vol. 45, no. 2, pp. 98–104, 2021, doi: 10.55075/wa.v45i2.60.
- [10] S. Widiawati, F. B. Ardisty, A. Aktawan, and F. M. A. Chusna, "Perbandingan Tawas Dan Poly Aluminium Chloride (PAC) Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe," *Prosiding Semnastek.*, 2024.
- [11] Benalia, Abderrezzaq, et al. "Use of Aloe vera as an organic coagulant for improving drinking water quality." *Water* 13.15 (2021): 2024.
- [12] Nur., H. Habiba, "Pemanfaatan Pektin Kulit Buah Kluwih (Artocarpus Camansi) Dengan Penambahan Kitosan Dari Cangkang Kupang (Corbula Faba) Dan Plasticizer Gliserol Sebagai Pembuatan Plastik Biodegradable," UIN Sunan Ampel Surabaya, 2023.
- [13] H. Ritonga, "Pengolahan Air Terproduksi Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Lidah Buaya (Aloe Vera) Dan Biji Kelor (Moringa Oleifera)," Tugas Akhir Universitas Islam Riau. Pekanbaru, 2021.
- [14] S. Ningsih and T. Harmawan, "Pengaruh Penambahan Al₂(SO₄)₃ Terhadap Derajat Keasaman Air Baku pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Keumueneng Langsa," *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 20–23, 2022, [Online]. Available: <https://ejournalunsam.id/index.php/JQ>
- [15] Munawarah, Syahna. *Penyisihan Cod, Bod, Amonia Dan Tss Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dengan Kombinasi Elektroda Aluminium (Al) Dan Besi (FE) Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan*. Diss. UIN Ar-Raniry Fakultas Sains dan Teknologi, 2024.