

EFEKTIVITAS KOAGULASI-FLOKULASI MENGGUNAKAN BUBUK BIJI PEPAYA (*Carica papaya* L.) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

N. P. Manacikawati, N. G. A. M. D. A. Suastuti*, I. E. Suprihatin

Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Udayana, Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia

*Email: dwiadhisuastuti@unud.ac.id

Article Received on: 6th February 2025

Revised on: 11th May 2025

Accepted on: 13th July 2025

ABSTRAK

Limbah cair tahu mengandung padatan tersuspensi yang mampu mengalami perubahan secara fisika, kimia, dan biologis, sehingga diperlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang ke sungai. Salah satu metode pengolahan air yang digunakan untuk memperoleh air bersih adalah melalui proses koagulasi-flokulasi, yang dalam penelitian ini dilakukan menggunakan bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai biokoagulan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ukuran dan massa bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) terbaik untuk menurunkan kekeruhan dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair tahu, serta efektivitas bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai koagulan dalam menurunkan kekeruhan dan COD. Bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) tidak efektif menurunkan kekeruhan pada limbah cair industri tahu. Ukuran dan massa bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) terbaik untuk menurunkan COD pada limbah cair industri tahu, yaitu 60 mesh dengan massa 2 g. Efektivitas bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) dalam menurunkan COD sebesar 80,98% pada penambahan 2 g koagulan 60 mesh dan tidak efektif dalam penurunan kekeruhan.

Kata kunci: Biji pepaya, Flokulasi, Koagulasi, Limbah cair tahu

ABSTRACT

Tofu liquid waste contains suspended solids, which are capable of undergoing physical, chemical, and biological changes, so further processing is required before being discharged into rivers. One of the water treatment methods used to obtain clean water is the coagulation-flocculation process, which was conducted in this research using papaya seed powder (*Carica papaya* L.) as a biocoagulant. This study aimed to determine the best size and mass of papaya seed powder (*Carica papaya* L.) for reducing turbidity and Chemical Oxygen Demand (COD) in tofu liquid waste, as well as the effectiveness of papaya seed powder (*Carica papaya* L.) as a coagulant in reducing turbidity and COD. The results showed that papaya seed powder (*Carica papaya* L.) was not effective for reducing turbidity in the liquid waste. The best for reducing COD levels in the tofu liquid waste was 2 g of 60 mesh papaya seed powder (*Carica papaya* L.). The effectiveness of papaya seed powder (*Carica papaya* L.) in reducing COD levels was 80.98% using 2 grams of a 60-mesh size coagulant, and it was not effective in reducing turbidity.

Keywords: Coagulation, Flocculation, Papaya seeds, Tofu liquid waste

PENDAHULUAN

Pembuatan tahu dengan bahan dasar kedelai menghasilkan limbah cair yang lebih banyak dibandingkan limbah padat. Kacang kedelai seberat satu ton dapat menghasilkan 30.000 - 40.000 Liter limbah cair tahu. Limbah cair diketahui mengandung senyawa organik yang terdiri dari 40-60% protein, 25-50% karbohidrat, dan 10% lemak. Kandungan protein, karbohidrat, dan lemak pada limbah tahu mampu meningkatkan konsentrasi fosfor, nitrogen, dan sulfur jika dibuang ke sungai

tanpa melalui proses pengolahan (Marian dan Tuhuteru, 2019).

Salah satu pengolahan limbah cair yaitu menggunakan metode koagulasi-flokulasi. Metode ini dilakukan dengan cara menghilangkan material limbah yang berbentuk koloid atau suspensi dengan menggunakan koagulan sintesis/alami (Syahputra *et al.*, 2022). Biji pepaya (*Carica papaya* L.) merupakan salah satu bagian dari buah pepaya yang dapat dimanfaatkan sebagai biokoagulan. Biji pepaya dapat digunakan sebagai biokoagulan karena memiliki

kandungan tanin. Senyawa tanin mampu membentuk ikatan silang dengan protein dan molekul-molekul lainnya karena memiliki gugus hidroksi fenolik pada strukturnya (Adawiyah dan Koly, 2024). Protein, tanin, dan pektin yang terkandung di dalam biji buah-buahan dapat berperan sebagai polielektrolit yang berfungsi dalam pembentukan flok. Muatan positif dan negatif pada protein dapat membantu mengendapkan partikel polutan pada air limbah karena protein dapat membantu terjadinya gaya tarik-menarik antar muatan. Proses ini disebut dengan mekanisme *charge neutralization* (netralisasi muatan) pada proses koagulasi dan flokulasi. Oleh karena itu, kandungan senyawa dalam limbah tahu pada pH asam yang bermuatan positif dapat berikatan dengan ion negatif pada koagulan biji pepaya, sehingga sistem koloid menjadi tidak stabil di dalam air.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Hajijah dan Suharli (2024) melaporkan kegunaan koagulan biji kelor pada pengolahan limbah cair mampu menurunkan pH dari 5,07 menjadi 4,81 dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 3,05%, sehingga dapat dikatakan bahwa biji kelor tidak dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan limbah cair tahu yang memenuhi standar mutu. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair tahu harus dilakukan dengan koagulan alami lainnya, seperti biji pepaya.

Berdasarkan hasil fitokimia ekstrak air pada biji pepaya (*Carica papaya* L.) terkandung beberapa senyawa, seperti flavonoid, tanin, dan polifenol. Tanin dapat digunakan sebagai koagulan karena mampu berikatan dengan molekul-molekul pengotor dengan cara membentuk senyawa kompleks dan mengendapkan pengotor yang terdapat di dalam limbah (Saputri *et al.*, 2017). Selain itu, tanin dapat berikatan kuat dengan protein dan mampu mengendapkan protein dalam larutan. Senyawa tanin dalam biji pepaya yang bermuatan negatif dapat mengikat partikel bermuatan positif. Kandungan tanin pada koagulan biji pepaya dapat menyebabkan partikel-partikel limbah menjadi tidak stabil atau destabilisasi partikel limbah sehingga terbentuknya flok yang kemudian akan mengendap (Adawiyah dan Koly, 2024).

Untuk mengetahui efektivitas biji pepaya sebagai biokoagulan, maka pada penelitian ini dilakukan penentuan ukuran dan massa bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.)

terbaik dalam menurunkan kekeruhan dan COD, serta efektivitasnya sebagai koagulan dalam menurunkan kekeruhan dan COD.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah, biji pepaya, aquades, larutan *Ferro Ammonium Sulfat* (FAS), larutan asam sulfat-perak sulfat, vaselin, indikator ferroin, larutan *digestion solution* ($K_2Cr_2O_7$, larutan H_2SO_4 , dan kristal $HgSO_4$), dan limbah cair tahu.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah *jar test* merk ECE, gelas beaker, pipet ukur, turbidimeter 2020 we/wi merk LaMotte, neraca analitik, oven, 1 set alat titrasi, botol semprot, ayakan 60, 80, dan 100 *mesh*, blender, pipet ukur, *filler*, kertas saring, kertas pH, labu ukur, corong plastik, pipet tetes, *digestion vessel*, COD reactor T-25 merk K-nai instrument, botol sampel, cawan porselin, desikator, dan spatula.

Cara Kerja

Pembuatan Bubuk Biji Pepaya

Biji pepaya dicuci lalu dijemur selama 7 hari, kemudian dihaluskan hingga menjadi bubuk. Setelah itu, diayak dengan ayakan 60, 80, dan 100 *mesh* (Olivia *et al.*, 2021). Bubuk biji pepaya kemudian disimpan ke dalam tempat penyimpanan.

Persiapan Limbah Cair Tahu

Limbah cair tahu didapatkan dari Desa Bitera, Kecamatan Gianyar, Kabupaten Gianyar, Bali. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara botol dibilas terlebih dahulu menggunakan sampel sebanyak 3 kali. Kemudian botol yang telah dibilas ditenggelamkan ke dalam limbah cair tahu lalu ditutup dengan rapat (Olivia *et al.*, 2021). Sampel dimasukkan ke dalam *cooler box* yang kemudian disimpan dalam kulkas.

Pengukuran pH dan Kekeruhan Limbah Cair Tahu

Pengukuran pH awal limbah dilakukan dengan kertas pH dan kekeruhannya diukur dengan menggunakan turbidimeter. Pengukuran pH dan kekeruhan akhir dilakukan pada supernatan hasil koagulasi.

Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Sampel Limbah Cair Tahu

Sampel limbah cair tahu sebanyak 2,5 mL dimasukkan ke dalam *digestion vessel*. Kemudian ditambah 1,5 mL larutan *digestion solution* dan 3,5 mL larutan asam sulfat-perak sulfat. Campuran dipanaskan dalam COD reactor selama 2 jam. Kemudian, campuran yang sudah dingin ditambah 2 tetes indikator ferroin lalu dititrasi dengan larutan standar $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ (*Ferro Ammonium Sulfat*) hingga warnanya berubah dari biru kehijauan menjadi merah kecoklatan (Andika *et al.*, 2020). Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap variasi massa dan ukuran mesh yang digunakan. Perhitungan COD dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(V_b - V_a) \times N_{\text{FAS}} \times 8000}{V_s}$$

Pengukuran Kadar Air Bubuk Biji Pepaya

Cawan porselin dikeringkan selama 30 menit dan didinginkan selama 15 menit. Cawan kemudian ditimbang dan pengeringan diulangi sampai berat konstan. Kemudian ditambah 1 g bubuk biji lalu ditimbang berat cawan berisi sampel. Cawan berisi sampel dikeringkan selama 1 jam dan didinginkan selama 15 menit. Kemudian ditimbang, dilakukan hal yang sama hingga diperoleh berat konstan. Kadar air dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(W_1 - W_2)}{(W_1 - W_0)} \times 100\%$$

Koagulasi Limbah Cair Tahu dengan Bubuk Biji Pepaya

Limbah cair tahu sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam tiga gelas piala 500 mL. Ke dalam masing-masing gelas piala dimasukan berturut-turut 1, 2, dan 3 g koagulan biji pepaya 60 mesh. Ketiga campuran ini diaduk cepat 100 rpm selama 5 menit, selanjutnya diaduk lambat 40 rpm selama 24 menit, kemudian didiamkan agar terjadi pengendapan. Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap variasi massa dan ukuran mesh yang digunakan (Amin *et al.*, 2022).

Efektivitas Bubuk Biji Pepaya

Efektivitas bubuk biji pepaya sebagai koagulan dalam menurunkan kekeruhan dan COD dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas(\%)} = \frac{\text{awal} - \text{akhir}}{\text{awal}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Biji Pepaya

Bubuk biji pepaya kering dan sudah diayak diukur kadar airnya dengan menggunakan metode gravimetri. Hasil analisis kadar air bubuk biji pepaya selengkapnya tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kadar air bubuk biji pepaya

Ukuran Koagulan (<i>mesh</i>)	Kadar Air (%)
60	8,3
80	9,3
100	8,5

Tabel 1 menunjukkan bahwa persentase kadar air bubuk biji berada dibawah 10%, sehingga layak untuk digunakan karena simplisia dengan kadar air diatas 10% menyebabkan mudahnya pertumbuhan jamur ataupun mikroba (Mailuhu *et al.*, 2017).

Chemical Oxygen Demand (COD)

Perhitungan COD limbah cair tahu dengan variasi ukuran koagulan (60, 80, dan 100 *mesh*) dan variasi massa koagulan (1, 2, dan 3 gram) selengkapnya tercantum dalam Tabel 2.

Pada Tabel 2 dapat dilihat penurunan COD optimum terjadi pada penambahan 2 g koagulan 60 *mesh* sebesar 907 mg/L. Penambahan 1 g koagulan 60 *mesh* menghasilkan penurunan COD sebesar 640 mg/L, dikarenakan massa koagulan belum mampu untuk menetralkan partikel-partikel koloid yang terdapat pada limbah cair tahu. Pada penambahan 3 g koagulan 60 *mesh* terjadi penurunan COD dari kondisi optimum, penurunan tersebut disebabkan karena massa koagulan yang digunakan berlebih. Maka dari itu beberapa partikel koagulan tidak dapat berinteraksi dengan bahan organik dalam pembentukan flok. Menurut Coniwanti (2013), kejenuhan pada air limbah dapat terjadi karena penambahan massa koagulan yang berlebih sehingga flok-flok sudah habis tereduksi.

Kandungan tanin dalam biji pepaya memiliki gugus hidroksil bermuatan negatif, sehingga dapat berikatan dengan bahan organik bermuatan positif dalam limbah cair tahu. Limbah cair tahu tanpa penambahan koagulan menghasilkan pH 4,5 yang menandakan bahwa

limbah tersebut berada pada kondisi asam dan bermuatan positif, sehingga penambahan koagulan biji pepaya pada partikel koloid dapat membentuk jembatan partikel koloid. Jembatan ini akan saling berikatan sehingga membentuk mikroflok. Mikroflok akan membentuk makroflok setelah dilakukan pengadukan lambat dan pengendapan. Pengendapan partikel koloid dan bahan organik mampu menurunkan COD sehingga kebutuhan oksigen dalam mengoksidasi bahan organik pada limbah menjadi berkurang (Bhernama *et al.*, 2023).

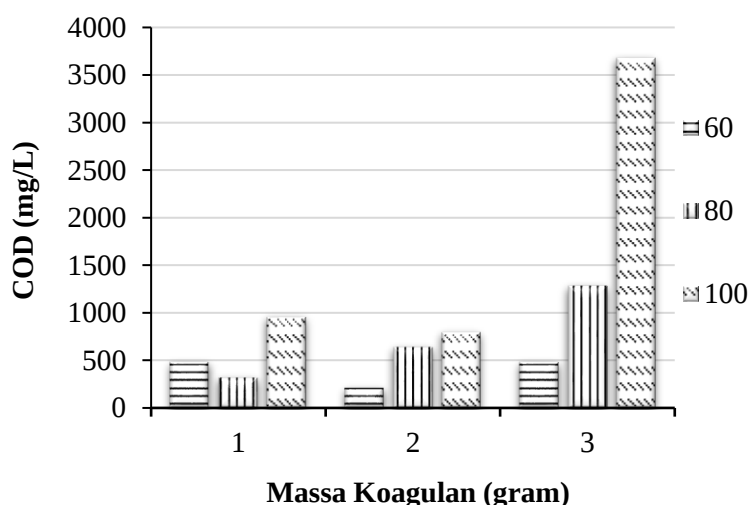
Dari data tersebut, maka dapat dinyatakan bahwa penambahan 2 g koagulan 60 *mesh* dapat menurunkan COD yang memenuhi baku mutu. Menurut Permen LH (2014), maksimal COD pada limbah cair tahu sebesar 300 mg/L. Hasil ini menunjukkan bahwa 2 g koagulan biji pepaya ukuran 60 *mesh* dapat digunakan untuk menurunkan COD dari 250 mL limbah cair tahu. Akan tetapi, penggunaan

koagulan biji pepaya kurang efektif karena membutuhkan jumlah koagulan yang cukup banyak untuk menurunkan COD dari 250 mL limbah cair tahu. Rata-rata COD yang dihasilkan dari setiap koagulasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1. dapat dilihat COD setelah koagulasi. Penurunan COD dapat terjadi karena adanya senyawa tanin di dalam biji pepaya. Tanin merupakan senyawa yang memiliki gugus hidroksil cukup banyak sehingga cenderung bermuatan negatif, sedangkan limbah cair tahu mengandung protein yang terbentuk dari asam-asam amino yang membentuk *zwitter ion* (bermuatan dua). Pada pH 4,5 limbah cair tahu berada pada kondisi asam dan bermuatan positif, sehingga koagulan biji pepaya dapat tarik-menarik dengan partikel koloid yang bermuatan positif pada limbah cair tahu (Fahey dan Berger, 1988).

Tabel 2. Penurunan COD dengan variasi ukuran dan massa koagulan
(COD = 1.120 ± 160)

Ukuran Koagulan (<i>mesh</i>)	Massa Koagulan (gram)	COD (mg/L) Akhir	Penurunan COD (mg/L)
60	1	480 ± 160	640
	2	$213 \pm 92,38$	907
	3	480 ± 320	640
80	1	320 ± 160	800
	2	640 ± 320	480
	3	1.280 ± 160	-160
100	1	960 ± 320	160
	2	$800 \pm 360,74$	320
	3	3.680 ± 480	-2.560



Gambar 1. COD setelah koagulasi

Penurunan Nilai Kekeruhan

Data penurunan nilai kekeruhan limbah cair tahu tanpa koagulan selengkapnya tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Penurunan kekeruhan tanpa koagulan

Kekeruhan Awal	Kekeruhan Akhir	Penurunan Kekeruhan (%)
1771	49,63	97,20 ± 0,22

Rata-rata penurunan kekeruhan dengan penambahan koagulan 60, 80, dan 100 mesh selengkapnya tercantum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata penurunan kekeruhan limbah cair tahu dengan kekeruhan awal 97,20%

Massa (gram)	60 mesh	80 mesh	100 mesh
1	9,21±0,08	99,50±0,16	98,22±0,04
2	9,50±0,22	98,88±0,12	98,25±0,10
3	9,43±0,09	97,74±0,27	77,10±2,55

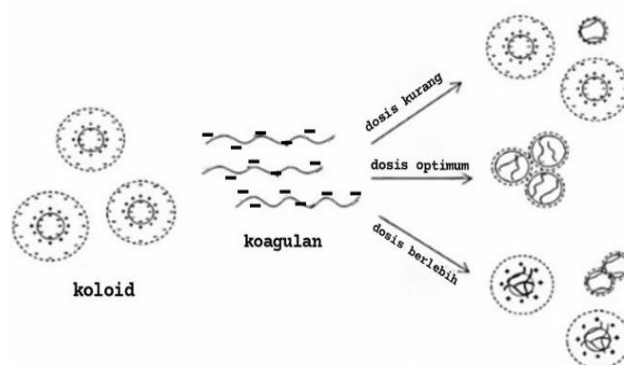
Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa penambahan 2 g koagulan ukuran 60 mesh dan 1 g koagulan 80 mesh menghasilkan penurunan kekeruhan tertinggi, yaitu 99,50%. Penurunan kekeruhan tersebut tidak berbeda jauh dengan penurunan kekeruhan awal yaitu 97,20%. Adapun selisih penurunan kekeruhan awal dengan penambahan koagulan hanya sebesar 2,30%, sehingga dapat dikatakan bahwa koagulan biji pepaya tidak efektif digunakan pada limbah cair tahu dalam menurunkan kekeruhan.

Menurut Rachmawati dan Iswanto (2009), penambahan massa koagulan dapat menyebabkan adanya peningkatan pembentukan presipitat atau endapan sehingga

mampu membentuk makroflok. Akan tetapi, berlebihan penambahan massa koagulan menyebabkan restabilisasi koloid karena terlalu banyak ion negatif yang menyebabkan flok sulit terbentuk. Selain terjadinya restabilisasi, penambahan massa koagulan yang berlebih dapat menyebabkan larutan menjadi jenuh sehingga sisa koagulan mampu mengotori larutan serta warna hitam dari koagulan biji pepaya juga bisa berpengaruh pada proses ini (Coniwanti, 2013). Pengaruh konsentrasi koagulan tercantum pada Gambar 2.

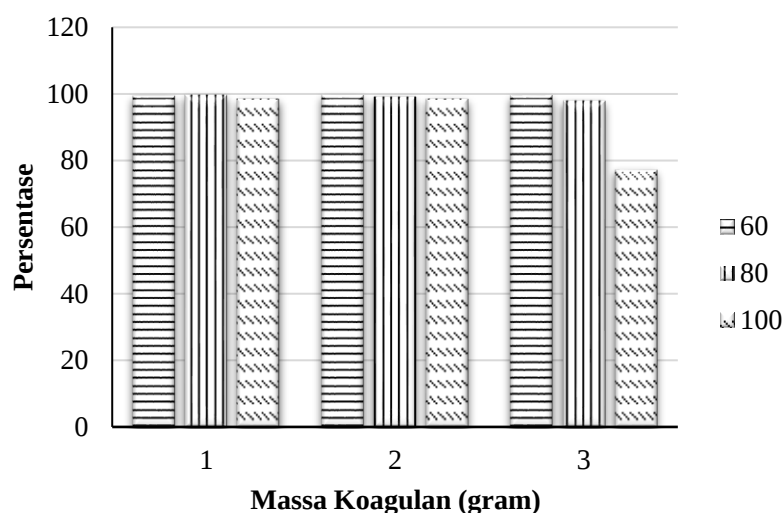
Pada Gambar 2. dapat dilihat penambahan koagulan dengan dosis yang kurang menyebabkan koloid dalam limbah belum membentuk flok karena muatan negatif pada koagulan lebih sedikit daripada muatan positif pada limbah, sehingga *point of zero charge* (PZC) belum tercapai. PZC adalah salah satu parameter penting untuk menjelaskan muatan permukaan. Penambahan koagulan dengan dosis optimum dapat menyebabkan terjadinya netralisasi. Pada proses ini muatan negatif dari koagulan dan positif dari limbah memiliki jumlah muatan yang sama, sehingga tercapainya *point of zero charge* (PZC). Penambahan koagulan dengan dosis yang berlebih menyebabkan terjadinya perubahan muatan pada larutan. Limbah yang awalnya bermuatan positif berubah menjadi muatan negatif karena dosis koagulan yang digunakan terlalu banyak. Dosis koagulan yang berlebih juga dapat menyebabkan tumbukan antar muatan negatif pada limbah, sehingga pembentukan flok semakin terhambat (Hutabarat *et al.*, 2022).

Diagram persentase rata-rata penurunan kekeruhan tercantum pada Gambar 3.



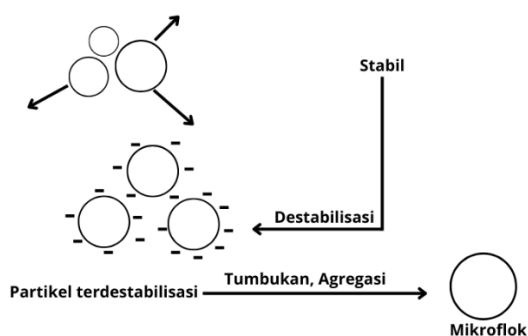
Gambar 2. Pengaruh massa koagulan terhadap proses koagulasi

Sumber: Hutabarat *et al.*, 2022



Gambar 3. Diagram persentase penurunan kekeruhan

Ukuran dan muatan elektrik tidak hanya bergantung pada stabilitas koloid tetapi juga bergantung pada media pendispersi (air) seperti kekuatan ion dan pH. Permukaan koloid dengan muatan sejenis menyebabkan partikel-partikelnya saling tolak-menolak sehingga terpisah satu sama lain dan tetap berada dalam suspensi. Jika kekuatan ionik dalam air rendah maka koloid akan tetap stabil, sedangkan jika kekuatan ionik dalam air tinggi dapat menyebabkan terjadinya tumbukan yang akan menghasilkan aglomerasi partikel seperti Gambar 4 (Silitonga *et al.*, 2019).



Gambar 4. Pengaruh dosis koagulan terhadap proses koagulasi

Sumber: Silitonga *et al.*, 2019

Pengukuran pH Limbah Cair Tahu

Data pengukuran pH limbah cair tahu setelah penambahan koagulan selengkapnya tercantum dalam Tabel 5.

Derajat keasaman (pH) dapat mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi. Jika

koagulan berada pada pH yang tepat, proses koagulasi akan berjalan dengan baik (Hutabarat *et al.*, 2022). Dari Tabel 5. dapat dilihat bahwa biji pepaya dapat bekerja secara maksimal pada pH 5, karena pada pH 5 koagulan biji pepaya mampu menurunkan nilai kekeruhan yang sangat tinggi seperti yang tertera pada Tabel 4. pH akhir limbah dari penambahan 2 g koagulan 60 mesh dan 1 g koagulan 80 mesh sudah memenuhi baku mutu pH yang tercantum dalam "Permen LH RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai dengan rentang pH 6-9" (Permen LH, 2014).

Tabel 5. pH setelah penambahan koagulan dengan pH awal = 4,5

Massa (gram)	60 mesh		80 mesh		100 mesh	
	pH ₁	pH ₂	pH ₁	pH ₂	pH ₁	pH ₂
1	4,5	5	5	6	4,5	5
2	5	6	4,5	5	4,5	5
3	5	5,5	4,5	5	4,5	5

Keterangan:

pH₁: pH awal, pH₂: pH akhir

Tanpa penambahan koagulan limbah cair tahu menghasilkan pH 4,5 yang menandakan bahwa limbah tersebut berada pada kondisi asam dan bermuatan positif. Limbah pada kondisi asam menyebabkan terjadinya destabilisasi antara koagulan yang bermuatan negatif dengan partikel limbah yang bermuatan positif, sehingga terjadinya netralisasi muatan. Akan tetapi, jika koagulan yang digunakan tidak berada pada pH yang

tepat maka zat aktif yang terdapat di dalam koagulan tidak bekerja secara maksimal. Ketepatan pH sangat berdampak pada kestabilan koloid ketika berubah bentuk menjadi flok pada proses pengadukan, sehingga koagulan akan bekerja lebih maksimal (Hutabarat *et al*, 2022).

Efektivitas Bubuk Biji Pepaya sebagai Koagulan

Efektivitas bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) pada penurunan nilai kekeruhan selengkapnya tercantum dalam Tabel 6.

Tabel 6. Penurunan nilai kekeruhan

Ukuran dan Massa	Kekeruhan Awal	Kekeruhan Akhir	Efektivitas (%)
60 mesh;1g	1935	15,29	99,21
60 mesh;2g	2047	10,32	99,50
60 mesh;3g	1856	10,47	99,44
80 mesh;1g	1850	9,31	99,50
80 mesh;2g	2161	24,21	98,89
80 mesh;3g	2164	49,01	97,74
100 mesh;1g	2909	51,92	98,22
100 mesh;2g	2926	51,27	98,25
100 mesh;3g	2918	668,1	77,10

Dari Tabel 6. diatas dapat dilihat bahwa ukuran dan massa koagulan pada penambahan 2 g 60 mesh dan 1 g koagulan 80 mesh menghasilkan penurunan kekeruhan sebesar 99,50%. Maka dari itu dapat dikatakan bahwa koagulan biji pepaya tidak efektif menurunkan kekeruhan limbah cair tahu, karena selisih penurunan kekeruhan tanpa penambahan koagulan dan penambahan koagulan hanya sebesar 2,30%. Adapun efektivitas bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) dalam menurunkan COD selengkapnya tercantum dalam Tabel 7.

Tabel 7. Penurunan COD dengan COD awal 1.120 mg/L

Ukuran dan Massa	COD Akhir (mg/L)	Efektivitas (%)
60 mesh;1g	480	57,14
60 mesh;2g	213	80,98
60 mesh;3g	480	57,14
80 mesh;1g	320	71,43
80 mesh;2g	640	42,86
80 mesh;3g	1.280	-14,29
100 mesh;1g	960	14,29
100 mesh;2g	800	28,57
100 mesh;3g	3.680	-228,57

Dari Tabel 7. diatas dapat dilihat bahwa penambahan 2 g koagulan 60 mesh efektif

dalam menurunkan COD limbah cair tahu dengan efektivitas penurunan sebesar 80,98%. Pada pengukuran efektivitas bubuk biji pepaya, penambahan 1 dan 3 g koagulan 60 mesh, 2 dan 3 gkoagulan 80 mesh serta 1, 2, dan 3 gkoagulan 100 mesh menghasilkan penurunan nilai kekeruhan dan COD yang kurang optimum. Hal tersebut karena terjadinya restabilisasi atau destabilisasi koloid dengan adanya kekurangan atau kelebihan kation yang berasal dari koagulan sehingga pembentukan flok akan terhambat. Penambahan koagulan yang tidak sesuai juga dapat menyebabkan larutan menjadi jenuh, sehingga sisa koagulan yang tidak membentuk flok dapat mengotori larutan (Coniwanti, 2013). Hal ini dapat dilihat pada penambahan koagulan 80 dan 100 mesh sebanyak 3 g yang menghasilkan penurunan COD dengan efektivitas yang negatif. Dalam keadaan ini, bubuk biji pepaya bukan lagi berperan sebagai koagulan tetapi sebagai pengotor larutan, sehingga koagulan yang tercampur ikut terukur ketika dilakukan COD.

SIMPULAN

Bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) dapat menurunkan COD terbaik pada limbah cair tahu dengan penambahan 2 gram/250 mL koagulan 60 mesh dan tidak efektif dalam menurunkan kekeruhan. Adapun efektivitas bubuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai koagulan dapat menurunkan COD sebesar 80,98% dan tidak efektif dalam menurunkan kekeruhan. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengukuran TSS dan TDS agar diketahui efektivitas koagulan bubuk biji pepaya dalam menurunkan TSS dan TDS limbah cair tahu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, S. U. A. dan Koly, F. V. L. 2024. Penggunaan Biji Pepaya sebagai Koagulan Alami dalam Pengolahan Air Limbah Domestik. *Journal of Research on Chemistry and Engineering*. 5(2): 65-70.
- Amin, I., Al-Adawiyah, S. U. M., dan Zainuddin, D. A., 2022. Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Koagulan Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) untuk Menurunkan Kadar Fosfat.

- Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri IX*. Makassar.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., dan Fajri, R. 2020. Penentuan Nilai BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. 2(1): 14–22.
- Bhernama, B. G., Musfira, N., dan Hamdan, A. M. 2023. Efektivitas Biokoagulan Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap Penurunan Kadar Pencemar pada Limbah Laundry. *Ar-Raniry Chemistry Journal*. 5(1): 16-25.
- Coniwanti, P. I. D. 2013. Pengaruh Beberapa Jenis Koagulan terhadap Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dalam Tinjauannya terhadap Turbidity, TSS, dan COD. *Jurnal Teknik Kimia*. 3(19): 22-30.
- Fahey, G. C. dan Berger, L. L. 1988. *Carbohydrate Nutrition of Ruminants*. Prentice Hall Eglewood Cliifs. New Jersey.
- Hajijah, I. dan Suharli, L. 2024. Efektivitas Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Koagulan Alami pada Limbah Cair Industri Tahu. *Journal of Life Science and Technology*. 2(1): 42-48.
- Hutabarat, D. M., Witasari, W. S., dan Baskoro, R. 2022. Pengaruh Jenis Koagulan dan Variasi pH terhadap Kualitas Limbah Cair di Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Kawasan Industri Intiland. *Jurnal Teknologi Separasi*. 8(3): 588-594.
- Mailuhu, M., Runtuwene, M. R. J., dan Koleangan, H. S. J. 2017. Skrining Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Kulit Batang Soyogik (*Saurauia bracteosa* DC). *Chemistry Progress*. 10(1): 1-6.
- Marian, E. dan Tuhuteru, S. 2019. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu sebagai Pupuk Organik Cair pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Putih (*Brasica pekinensis*). *Agritrop*. 17(2): 135–145.
- Olivia, Arinda, Lita D., dan Dewi F. 2021. Penggunaan Biokoagulan dari Biji Tanaman untuk Menurunkan Kekeruhan pada Air Sungai. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. 8(1): 1-7.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Rachmawati, S. W. dan Iswanto, B. 2009. Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminum Sulfat dan Ferri Klorida. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5(2): 40–45.
- Saputri, L. O., Satriyasa, B. K., dan Yasa, W. P. S. 2017. Ekstrak Air Biji Pepaya (*Carica papaya*) Dapat Menurunkan Kadar Kolesterol Total dan Kadar Serumglutamat Piruvat Transaminase (Sgpt) pada Tikus Putih Jantan Galur Wistar yang Hiperkolesterolemia. *Warmadewa Medical Journal*. 2(1): 1-10.
- Syahputra, B., Soedarsono, dan Poedjiastoeti, H. 2022. *Perancangan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Sultan Agung Press. Semarang.