

# Perbandingan Efektivitas Biji Asam Jawa dan Biji Pepaya Sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan BOD, COD, dan TSS pada Air Telaga

Muhammad Ijlal Rafi, Mohamad Mirwan\*

Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

\*Koresponden email: mmirwan.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 30 Oktober 2024

Disetujui: 4 Oktober 2024

## Abstract

Telaga Rambit in Gresik Regency, a water source for the local community, is currently polluted by domestic sewage. The coagulation-flocculation process is used to solve this problem. Chemical coagulants are often used in the coagulation-flocculation process, but chemical coagulants often produce sediment that is difficult to handle. Therefore, tamarind and papaya seeds were selected as natural coagulants due to their protein content which can act as polyelectrolytes. The aim of this research is to analyse the effect of pH and coagulant dosage in the coagulation-flocculation process and to compare the effectiveness of tamarind seeds and papaya seeds as biocoagulants in reducing BOD, COD and TSS. From the results of jar test analysis, papaya seed with a dose variation of 4000 mg/L and pH 7 is the best variation as it is able to reduce BOD up to 22.5%, COD 27.4% and TSS 51.22%. While tamarind seed at 2000 mg/L and pH 7 reduced BOD by 18.75%, COD by 23.4% and TSS by 46.3%. The results show that the two biocoagulants did not meet the quality standards in reducing BOD, COD and TSS in the lake water, so another combination process or use of other treatment alternatives is required.

**Keywords:** lake water, biocoagulant, tamarind seeds, papaya seeds, coagulation-flocculation

## Abstrak

Telaga Rambit di Kabupaten Gresik, yang menjadi sumber air masyarakat setempat, saat ini tercemar oleh air limbah domestik. Metode koagulasi-flokulasi digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Koagulan kimia sering digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi, tetapi, membentuk endapan yang sulit ditangani. Oleh karena itu, biji asam jawa dan biji pepaya dipilih sebagai koagulan alternatif karena kandungan proteinnya yang dapat berfungsi sebagai polielektrolit. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh pH dan dosis koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi, serta menganalisis perbandingan efektivitas biji asam jawa dan biji pepaya sebagai biokoagulan dalam menurunkan BOD, COD, dan TSS. Dari hasil analisis jar test, biji pepaya dengan variasi dosis 4000 mg/L dan pH 7 merupakan variasi terbaik karena mampu menurunkan BOD hingga 22,5%, COD 27,4%, dan TSS 51,22%. Sementara biji asam jawa dengan dosis 2000 mg/L dan pH 7 menurunkan BOD 18,75%, COD 23,4%, dan TSS 46,3%. Hasil didapatkan bahwa kedua biokoagulan belum memenuhi baku mutu dalam menurunkan kadar pencemar pada air telaga sehingga membutuhkan proses kombinasi lain atau menggunakan alternatif pengolahan lain.

**Kata Kunci:** air telaga, biokoagulan, biji asam jawa, biji pepaya, koagulasi-flokulasi

## 1. Pendahuluan

Air telaga memiliki peran penting sebagai sumber air bagi masyarakat, baik untuk sumber air bersih, pertanian, dan berbagai kegiatan lainnya. Masyarakat yang hidup di sekitar Telaga Rambit, Kabupaten Gresik, memanfaatkan air telaga untuk kegiatan sehari-hari seperti mandi, menyiram tanaman, dan lain-lain [4]. Namun, telaga tersebut tercemar air limbah domestik dari hasil pengamatan dan analisis awal yang dilakukan sehingga menyebabkan air menjadi keruh karena air limbah tidak dilakukan pengolahan sebelum dibuang. Oleh karena itu, air telaga yang menjadi sumber air di desa tersebut perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan oleh masyarakat setempat.

Proses pengolahan air limbah umumnya menggunakan beberapa metode meliputi proses adsorpsi, filtrasi, penggunaan mikroorganisme, dan koagulasi-flokulasi [10]. Proses koagulasi adalah suatu metode untuk mengubah partikel padatan kecil yang tidak dapat mengendap menjadi partikel berukuran besar dan berat sehingga mengendap dengan mudah. Hal ini terjadi dengan menambahkan koagulan ke dalam air yang menyebabkan pembentukan flok yang lebih besar [15]. Proses koagulasi-flokulasi umumnya

menggunakan koagulan kimia. Koagulan kimia sering digunakan karena efektif dalam mengurangi zat pencemar, namun jenis koagulan ini dapat berdampak negatif pada lingkungan dan berpotensi menimbulkan masalah kesehatan. [2]. Metode pengolahan alternatif diperlukan, salah satunya pengolahan alternatif dengan koagulan alami atau biokoagulan sebagai pengganti koagulan kimia [3]. Penggunaan koagulan alami memiliki berbagai kelebihan dibanding dengan koagulan sintetis yaitu ramah lingkungan, harga relatif murah, bahan baku mudah didapat dan bersifat *biodegradable* [14]. Di sisi lain, koagulan alami juga memiliki kekurangan yaitu efisiensi yang lebih rendah, serta waktu retensi yang cukup lama [7].

Koagulan alami yang digunakan terdiri dari biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji pepaya (*Carica papaya*). Kedua biji tersebut memiliki cukup tinggi kandungan protein dan dapat berfungsi sebagai elektrolit polimer alami dengan fungsi seperti koagulan sintetis. Polielektrolit berfungsi untuk mempermudah proses pembentukan flok [9]. Serbuk biji asam jawa mampu menurunkan nilai parameter TSS dan COD dengan efisiensi 79,24 % dan 61,63% [12]. Penggunaan serbuk biji pepaya pada proses koagulasi juga dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 54 % dan TSS sebesar 33% [3]. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh dosis koagulan dan pH dalam proses koagulasi-flokulasi, serta menganalisis perbandingan efektivitas biji asam jawa dan biji pepaya sebagai biokoagulan dalam menurunkan BOD, COD, dan TSS.

## 2. Metode Penelitian

Proses penelitian menggunakan proses koagulasi-flokulasi dengan metode jarrest, serta menggunakan biokoagulan yang berasal dari biji asam jawa dan biji pepaya. Objek penelitian berasal dari air telaga yang bersumber dari Telaga Rabbit, Kabupaten Gresik. Proses penelitian dimulai dari preparasi biokoagulan. Proses dilanjutkan dengan melakukan analisis jar test untuk membandingkan efektivitas dari kedua biokoagulan dalam menurunkan beban pencemar pada air telaga.

Proses preparasi biokoagulan dilakukan dengan mencuci biji pepaya dan biji asam jawa yang sudah matang untuk menghilangkan kotoran, kemudian mengeringkannya di bawah matahari selama 1-2 hari. Setelah biji kering, biji dihancurkan secara kasar menggunakan lesung, lalu diblender dan diayak 100 mesh. Pada tahap ekstraksi, serbuk biji pepaya divariasikan dosisnya menjadi 2000 mg/L, 3000 mg/L, dan 4000 mg/L [11], serta serbuk biji asam jawa dengan dosis 1500 mg/L, 2000 mg/L, dan 2500 mg/L. 1 gram biji pepaya dilarutkan dalam NaCl 1 M, sementara 2 gram biji asam jawa dalam larutan NaCl 3%. Setelah pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit, larutan disaring untuk mendapatkan filtrat yang digunakan sebagai koagulan. Ekstrak yang dihasilkan kemudian digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi dengan memvariasikan pH pada sampel menjadi 5,7, dan 9 dan memvariasikan dosisnya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Analisis Awal Air Telaga

Analisis awal dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari air telaga pada kondisi awal yang mengandung bahan pencemar sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air Danau/Sejenisnya. Dari hasil uji, didapatkan bahwa saat ini air telaga berada pada kelas III. Hasil analisis awal karakteristik air telaga dapat dilihat dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Pengujian Kandungan Air Telaga

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu Kelas I
1	BOD	mg/L	8	2
2	COD	mg/L	33	10
3	TSS	mg/L	82	25

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

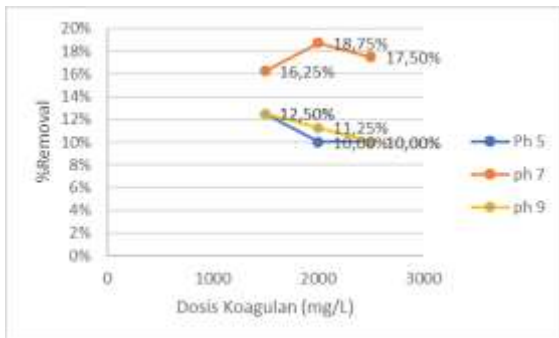
### 3.2 Pengujian Efektivitas Biokoagulan Biji Asam Jawa

Dalam penelitian yang menggunakan biokoagulan dari biji asam jawa, dilakukan variasi pH pada 5, 7, dan 9, serta variasi dosis 1500, 2000, dan 2500 mg/L. Hasil pengujian disajikan pada **tabel 2** berikut.

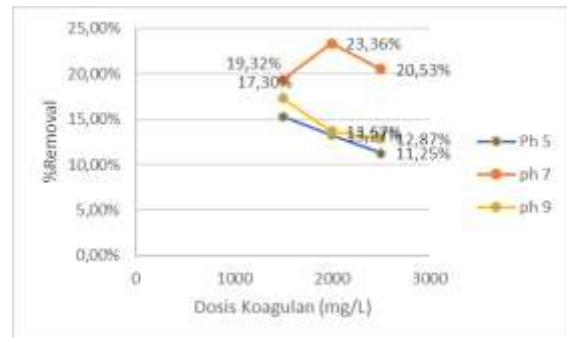
Tabel 2. Pengaruh Variasi pH dan Dosis Biokoagulan Biji Asam Jawa terhadap penurunan parameter BOD, COD, TSS

Variasi pH	Dosis (mg/L)	BOD awal (mg/L)	BOD akhir (mg/L)	% Removal	COD awal (mg/L)	COD akhir (mg/L)	% Removal	TSS awal (mg/L)	TSS akhir (mg/L)	% Removal
5	1500	8	7	12,5	33	28,0	15,29	82	68	17,07
	2000	8	7,2	10	33	28,6	13,27	82	68	17,07
	2500	8	7,2	10	33	29,3	11,25	82	72	12,20
7	1500	8	6,7	16,25	33	26,6	19,3	82	48	41,46
	2000	8	6,5	18,75	33	25,3	23,4	82	44	46,34
	2500	8	6,6	17,5	33	26,2	20,53	82	48	41,46
9	1500	8	7	12,5	33	27,3	17,30	82	68	17,07
	2000	8	7,1	11,25	33	28,5	13,67	82	72	12,20
	2500	8	7,2	10	33	28,8	12,87	82	68	17,07

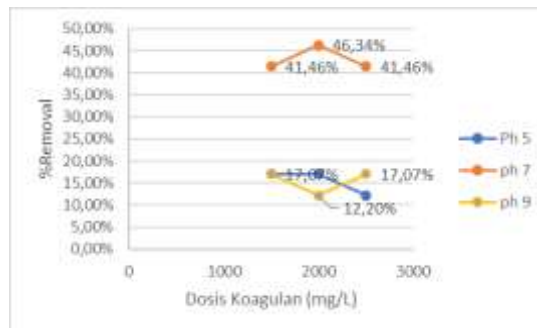
Sumber: Hasil Penelitian, 2024



Gambar 1. Pengaruh pH dan Dosis Biokoagulan Biji Asam Jawa dalam Menurunkan Nilai BOD



Gambar 2. Pengaruh pH dan Dosis Biokoagulan Biji Asam Jawa dalam Menurunkan Nilai COD



Gambar 3. Pengaruh pH dan Dosis Biokoagulan Biji Asam Jawa dalam Menurunkan Nilai TSS

Dari hasil penelitian diatas didapatkan bahwa biji asam jawa sebagai biokoagulan paling efektif dalam menurunkan BOD, COD, dan TSS pada pH 7 dengan dosis 2000 mg/L. Pada kondisi ini, penurunan BOD mencapai 18,75%, COD 23,36%, dan TSS 46,34%. Koagulan dari biji asam jawa efektif bekerja pada pH netral, karena dalam kondisi ini muatan partikel koloid dapat dinetralkan, sehingga memungkinkan terbentuknya flok yang stabil. Selain itu, pada pH ini struktur polimer koagulan tetap optimal sehingga interaksi dengan partikel koloid meningkat. Dari hasil penelitian, efisiensi penurunan parameter pencemar meningkat dari dosis 1500 mg/L ke 2000 mg/L, tetapi menurun pada dosis 2500 mg/L. Pembentukan flok dapat gagal pada penggunaan dosis tinggi karena seluruh permukaan partikel koloid tertutup oleh polimer sehingga ruang untuk terjadinya proses flokulasi menjadi terbatas. Penambahan koagulan berlebihan tidak meningkatkan efisiensi karena dapat menutupi partikel koloid secara berlebihan [13].

Pada pH 5, dengan dosis 2500 mg/L, penurunan nilai BOD, COD, dan TSS masing-masing hanya mencapai 10%, 11,25%, dan 12,20%. HCL yang ditambahkan ke dalam sampel akan terpecah menjadi ion H<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>. Ion H<sup>+</sup> berfungsi sebagai counter ion, yaitu ion dengan muatan yang berlawanan dengan koloid. Kehadiran ion H<sup>+</sup> dapat menekan lapisan ganda koloid dan menyebabkan destabilisasi koloid. Namun, jika jumlah ion H<sup>+</sup> dalam sampel terlalu berlebihan dapat menyebabkan gaya penolakan antar ion positif. Dalam kondisi ini, restabilisasi koloid dapat terjadi sehingga koagulan tidak efektif dalam mengikat

koloid [5]. Hal yang sama terjadi pada pH 9, dimana proses koagulasi-flokulasi tidak maksimal. Ph 9 yang dihasilkan melalui penambahan NaOH, kondisi larutan menjadi basa. NaoH Ketika ditambahkan akan terdisosiasi menjadi ion Na+ dan OH-. Ion OH- meningkatkan konsentrasi ion hidroksida dalam larutan yang menyebabkan pH meningkat ke arah basa. partikel koloid cenderung bermuatan negatif lebih kuat karena penambahan ion OH-. Akibatnya, koagulan akan kehilangan efektivitas dalam menetralkan muatan negatif koloid sehingga flok cenderung sedikit terbentuk atau tidak terbentuk sama sekali.

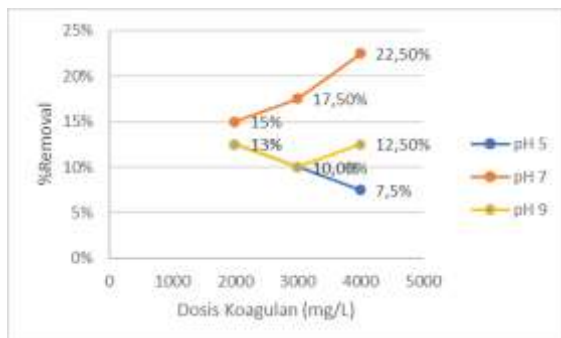
### 3.3 Pengujian Efektivitas Biokoagulan Biji Pepaya

Dalam penelitian yang menggunakan biokoagulan dari biji pepaya, dilakukan variasi pH pada 5, 7, dan 9, tetapi menggunakan dosis yang berbeda dengan biji asam jawa. Hasil pengujian disajikan pada **tabel 3** berikut.

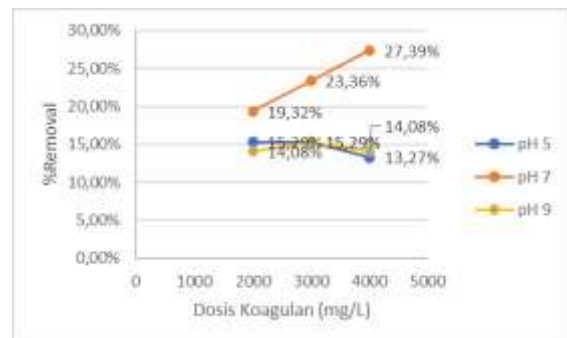
**Tabel 3** Pengaruh Variasi pH dan Dosis Biokoagulan Biji Pepaya terhadap penurunan parameter BOD, COD, TSS

Variasi pH	Dosis (mg/L)	BOD awal (mg/L)	BOD akhir (mg/L)	% Removal	COD awal (mg/L)	COD akhir (mg/L)	% Removal	TSS awal (mg/L)	TSS akhir (mg/L)	% Removal
5	2000	8	7	12,5	33	28,0	15,3	82	64	21,95
	3000	8	7,2	10	33	28,0	15,3	82	68	17,07
	4000	8	7,4	7,5	33	28,6	13,3	82	68	17,07
7	2000	8	6,8	15	33	26,6	19,3	82	52	36,59
	3000	8	6,6	17,5	33	25,3	23,4	82	48	41,46
	4000	8	6,2	22,5	33	24,0	27,4	82	40	51,22
9	2000	8	7	12,5	33	28,4	14,1	82	64	21,95
	3000	8	7,2	10	33	28,0	15,3	82	64	21,95
	4000	8	7	12,5	33	28,4	14,1	82	68	17,07

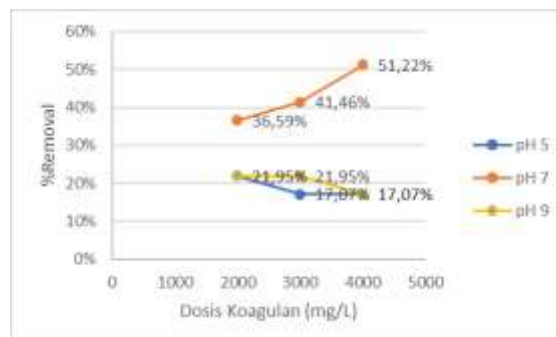
Sumber: Hasil Penelitian, 2024



**Gambar 4.** Pengaruh pH dan Dosis Biokoagulan Biji Pepaya dalam Menurunkan Nilai BOD



**Gambar 5.** Pengaruh pH dan Dosis Biokoagulan Biji Pepaya dalam Menurunkan Nilai COD



**Gambar 6.** Pengaruh pH dan Dosis Biokoagulan Biji Pepaya dalam Menurunkan Nilai TSS

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan air pada pH 7 memberikan hasil terbaik untuk semua parameter yang diuji. Penurunan tertinggi pada biokoagulan biji pepaya terjadi pada pH 7 dan dosis 4000 mg/L dengan penurunan BOD sebesar 22,5%, COD sebesar 27,39%, dan TSS sebesar 51,22%. Berbeda dengan biokoagulan biji asam jawa, penambahan dosis biji pepaya hingga 4000 mg/L masih

meningkatkan efisiensi penyisihan parameter pencemar. Penggunaan dosis koagulan yang semakin tinggi dapat meningkatkan efektivitas penurunan kadar pencemar [3]. Hal ini disebabkan oleh adanya zat aktif seperti tanin dalam biokoagulan biji pepaya yang mampu mengikat partikel tersuspensi dan partikel koloid, sehingga dapat membentuk flok yang kemudian mengendap dan mengurangi tingkat pencemaran.

### 3.4 Perbandingan Biokoagulan Biji Asam Jawa dan Biji Pepaya pada pH dan Dosis Optimum

Pada penelitian pendahuluan yang dilakukan menggunakan proses jarrest menghasilkan persentase penyisihan parameter BOD, COD, dan TSS dari setiap variasi pH dan dosis yang telah ditentukan. Hasil persentase penyisihan terbaik dari masing-masing koagulan dibandingkan satu dengan lainnya sehingga dapat menentukan jenis koagulan, pH, serta dosis biokoagulan terbaik.

**Tabel 4** Perbandingan Efektivitas Biokoagulan Dalam menurunkan Parameter BOD, COD, dan TSS

Jenis Biokoagulan	Ph terbaik	Dosis Koagulan terbaik (mg/L)	%Removal BOD	%Removal COD	%Removal TSS
Biji Asam Jawa	7	2000	18,75%	23,4%	46,3%
Biji Pepaya	7	4000	22,5%	27,4%	51,2%

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Dari penggunaan kedua biokoagulan di atas terdapat perbedaan yang tidak signifikan, tetapi biokoagulan biji pepaya memiliki persentase penyisihan lebih tinggi dibanding biji asam jawa dalam menurunkan parameter pencemar air telaga. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Maisarah et al. (2014), biji pepaya memiliki kandungan 25,1 % protein, 45,6% serat kasar, 8,2% abu, dan 15,5 % karbohidrat. Sedangkan menurut kumar et al., (2008), kandungan protein dalam biji asam jawa 15 – 20,9 %, lemak dan minyak 3,9 – 16,2%, dan karbohidrat 65,1 – 72,2%. Dapat disimpulkan bahwa biji pepaya memiliki kandungan protein yang lebih banyak dibanding biji asam jawa. Ion bermuatan negatif dalam air limbah akan berikatan dengan protein kationik (bermuatan positif) yang terdapat dalam biji pepaya. Ketika biokoagulan ditambahkan dan dilakukan pengadukan cepat diikuti dengan pengadukan lambat, protein kationik tersebut akan tersebar ke seluruh bagian dalam air dan berikatan dengan ion negatif serta senyawa organik dan menghasilkan flok [1].

Ph 7 merupakan pH terbaik untuk proses koagulasi-flokulasi. Pada pH ini, baik koagulan dari biji asam jawa maupun biji pepaya menunjukkan efektivitas terbaik dibanding pH lain dalam menurunkan parameter BOD, COD, dan TSS. Meskipun kurang efektif dalam dosis tinggi, biokoagulan biji asam jawa dapat memberikan kontribusi yang signifikan pada pH 7 dengan pembentukan flok yang baik, sedangkan koagulan biji pepaya dapat meningkatkan pengendapan partikel dengan lebih efisien pada dosis 4000 mg/L. Pada pH 7, kondisi larutan berada dalam keadaan netral, di mana konsentrasi ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> relatif seimbang. Pada pH ini, muatan partikel koloid cenderung lebih stabil dan tidak mengalami muatan yang terlalu positif atau negatif. Hal ini memungkinkan proses koagulasi-flokulasi berjalan lebih efektif karena partikel koloid tidak memiliki muatan yang terlalu kuat sehingga tidak terjadi gaya tolak-menolak yang berlebihan. Pada kondisi netral ini, koagulan dapat lebih mudah menetralkan muatan partikel koloid dan menyebabkan partikel saling berinteraksi sehingga menjadi flok yang stabil.

Hal ini menunjukkan bahwa pH dan dosis mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan kadar pencemar sehingga pemilihan pH yang tepat dan dosis koagulan yang optimal sangat penting agar pengolahan air lebih maksimal. Pada pH dan dosis yang optimal, proses koagulasi-flokulasi dapat bekerja lebih efektif dalam menetralkan muatan koloid dan membentuk flok yang stabil, yang memungkinkan pengendapan partikel tersuspensi secara lebih efisien. Namun, dari penggunaan kedua biokoagulan mutu sehingga membutuhkan proses kombinasi lain atau menggunakan alternatif pengolahan lain untuk mengolah air telaga.

## 4. Kesimpulan

Variasi pH dan dosis mempengaruhi penurunan BOD, COD dan TSS. Biokoagulan biji pepaya menghasilkan efektivitas paling tinggi dalam menurunkan beban pencemar pada air telaga dibandingkan biokoagulan biji asam jawa. Biokoagulan biji pepaya menghasilkan penurunan tertinggi pada pH 7 dan dosis 4000 mg/L dengan penurunan BOD sebesar 22,5%, COD sebesar 27,4%, dan TSS sebesar 51,22%. Biokoagulan biji asam jawa menghasilkan penurunan terbaik pada pH 7 dan dosis 2000 mg/L dengan penurunan BOD sebesar 18,75%, COD sebesar 23,4%, dan TSS sebesar 46,3%.



## 5. Referensi

- [1] Adira, R. (2020). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik. Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh
- [2] Agunbiade, M., Pohl, C., dan Ashafa, O. (2018). Biofloculant production from *Streptomyces platensis* and its potential for river and waste water treatment. *brazilian journal of microbiology*, 49, 731-741.
- [3] Bhernama, B.G., Erawati, Yahya, H., (2022). Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Cangkang Tiram (*Saccostrea echinata*) Sebagai Biokoagulan. *Jurnal AMINA Vol 4 No 1*.
- [4] Fitriyana, A., dan Mariana, N., (2023). Etnomatematika Pada Bangunan Bersejarah Masjid Besar Kanjeng Sepuh Sidayu Gresik Sebagai Konsep Geometri Di Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*. Universitas Negeri Surabaya.
- [5] Junisu, B. A., Handayani, E., Hidayati, A. D. S. N., Ismuyanto, B., & Himma, N. F. (2017). Pengaruh penambahan kitosan terhadap efektivitas proses koagulasi menggunakan besi (III) klorida heksahidrat. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 1(2), 63-69.
- [6] Kumar, C. S., dan Bhattacharya, S. (2008). Tamarind seed: properties, processing and utilization. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(1), 1-20
- [7] Kurniawan, S. B., Imron, M. F., Chik, C. E. N. C. E., Owodunni, A. A., Ahmad, A., Alnawajha, M. M., and Hasan, H. A. (2022). What compound inside biocoagulants/biofloculants is contributing the most to the coagulation and flocculation processes?. *Science of the Total Environment*, 806, 150902
- [8] Maisarah, A. M., Asmah, R., & Fauziah, O. (2014). Proximate analysis, antioxidant and anti proliferative activities of different parts of *Carica papaya*. *Journal of tissue science & engineering*, 5(1), 1.
- [9] Martina, A., Effendy, D. S., dan Soetedjo, J. N. M. (2018). Aplikasi Koagulan Biji Asam Jawa dalam Penurunan Konsentrasi Zat Warna Drimaren Red pada Limbah Tekstil Sintetik pada Berbagai Variasi Operasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(2), 40.
- [10] Martini, S., Yuliwati, E., dan Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi Vol 5 No 2*.
- [11] Ningsih, N.R., (2020). Efektivitas Biji Melon (*Cucumis melo L.*) dan Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Parameter Pencemar Air Limbah Industri Tahu. Skripsi. Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya.
- [12] Novita, E., Salim, M. B., dan Pradana, H. A. (2021). Coffee Industry Wastewater Treatment with Coagulation-Flocculation Method Using a Natural Coagulant of Tamarind Seeds (*Tamarindus indica L.*). In *Jurnal Teknologi Pertanian* (Vol. 22, Issue 1).
- [13] Putra, R. S., Iqbal, A. M., Arirahman, I., dan Sobari, M. (2019). Evaluasi Perbandingan Koagulan Sintesis Dengan Koagulan Alami dalam Proses Koagulasi untuk Mengolah Limbah Laboratorium. *Khazanah: Jurnal Mahasiswa*, 11(1).
- [14] Putra, R. S. (2020). Pemanfaatan Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. Universitas Islam Indonesia.
- [15] Susanto, Ricky. (2008). Optimasi Koagulasi-Flokulasi dan Analisis Kualitas Air pada Industri Semen. Jakarta: Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.