

# Efektivitas Biokoagulan Berbasis Ampas Tebu dalam Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent*: Analisis Pengaruh Dosis

Sekar Ayu Setyowati\*, Kusyanto, Dedy Irawan, Nur Fadillah Ramadhani,  
Alfidah Tyas Suciningrum

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Kalimantan Timur

\*Koresponden email: sekarayu@polnes.ac.id

Diterima: 26 Januari

Disetujui: 06 Mei 2026

## Abstract

Palm oil mill effluent (POME) is a product of the boiling/sterilization and clarification process that contains sludge, condensate water, and factory wash water. Conventional POME treatment using an open pond system is ineffective because it can cause environmental problems. Therefore, an environmentally friendly alternative for POME treatment is needed, such as the use of sugarcane bagasse biocoagulant. This study aims to determine the effectiveness and dosage effect of biocoagulants from bagasse in POME treatment. Bagasse with high lignocellulose content has the potential to be used as a biocoagulant agent. The prepared sugarcane bagasse was then delignified with 8% NaOH at 120°C for 120 minutes to produce the biocoagulant. Application was carried out through a clarification process with varying dosages of 7.5; 10; 12.5; 15; and 17.5 (g/L). The application of the biocoagulant involved rapid stirring for 2 minutes, slow stirring for 20 minutes, followed by sedimentation for 60 minutes. After that, pH, TSS, and turbidity analyses were performed. An increase in the biocoagulant dosage increased the pH value and decreased the turbidity value. The optimal dosage was obtained at 10 g/L with an effectiveness of reducing TSS by 32.49%, turbidity by 9.43%, and a pH value of 5.1.

**Keywords:** *bagasse-based biocoagulant, palm oil mill effluent (pome), coagulation–flocculation, total suspended solids (tss), dosage optimization*

## Abstrak

Limbah cair kelapa sawit (POME) merupakan hasil dari proses perebusan/sterilisasi dan klarifikasi yang mengandung sludge, air kondensat, dan air sisa cucian pabrik. Pengolahan konvensional POME menggunakan sistem kolam terbuka kurang efektif karena dapat menimbulkan masalah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengolahan POME yang ramah lingkungan seperti penggunaan biokoagulan ampas tebu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dan pengaruh dosis biokoagulan dari ampas tebu pada pengolahan POME. Ampas tebu dengan kandungan lignoselulosa tinggi, memiliki potensi sebagai agen biokoagulan. Ampas tebu yang telah dipreparasi kemudian didelignifikasi dengan NaOH 8% pada suhu 120°C selama 120 menit untuk menghasilkan biokoagulan. Pengaplikasian dilakukan dengan proses klarifikasi dengan variasi dosis 7,5; 10; 12,5; 15; dan 17,5 (g/L). Pengaplikasian bikoagulan dilakukan pengadukan cepat selama 2 menit, pengadukan lambat selama 20 menit, dan diikuti dengan sedimentasi selama 60 menit. Setelah itu dilakukan analisis pH, TSS, dan kekeruhan. Peningkatan dosis bikoagulan meningkatkan nilai pH dan penurunan nilai kekeruhan. Dosis optimal diperoleh pada 10 g/L dengan efektivitas penurunan TSS sebesar 32,49%, kekeruhan sebesar 9,43%, dan nilai pH 5,1.

**Kata Kunci:** *biokoagulan ampas tebu, limbah cair kelapa sawit (pome), koagulasi-flokulasi, total suspended solids (tss), optimasi dosis*

## 1. Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan di sektor perkebunan Indonesia yang memiliki peranan penting dalam mendukung perekonomian nasional. Salah satu limbah hasil produksi *Crude Palm Oil* (CPO) dari kelapa sawit adalah limbah cair atau yang dikenal dengan *Palm Oil Mill Effluent* (POME). POME merupakan limbah cair dari stasiun perebusan/sterilisasi dan klarifikasi yang dialirkan ke *fat pit/sludge recovery tank* untuk pengutipan minyak [1]. POME terdiri dari *sludge*, air kondensat, air cucian pabrik, air *hydroclone* [2]. Pabrik Kelapa Sawit yang mengolah buah kelapa sawit menjadi CPO akan menghasilkan 583 kg limbah cair (POME) per ton Tandan Buah Segar [3]. POME mengandung total padatan yang tinggi sebesar 40.500 mg/L, minyak dan lemak sebesar 4.000 mg/L, chemical oxygen demand (COD) sebesar 50.000 mg/L dan biological oxygen demand (BOD) sebesar 25.000 mg/L [4]. Secara umum nilai TSS, minyak dan lemak,

COD, dan BOD yang terkandung dalam POME masih di atas baku mutu lingkungan yang diatur pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Salah satu metode yang umum digunakan untuk pengolahan POME Adalah menggunakan sistem kolam terbuka. POME diolah melalui empat kolam yang terdiri dari kolam asidifikasi, kolam anaerobic, kolam aerobic, dan kolam fakultatif yang kemudian dimanfaatkan kandungan organiknya untuk dijadikan sebagai pupuk cair pada lahan perkebunan kelapa sawit [5]. Meskipun sistem ini ekonomis, tetapi memerlukan lahan yang luas, membutuhkan waktu yang lama, dan melepaskan metana ke lingkungan sebagai hasil dari dekomposisi komponen organik yang terjadi di kolam anaerobic. Emisi metana dari pengolahan POME menyumbang hingga 70% dari total emisi gas rumah kaca dalam seluruh proses produksi CPO [6].

Inti dari pengolahan air dan limbah adalah mekanisme koagulasi-flokulasi, yang merupakan proses awal pemurnian air dengan mengendapkan pengotor terlarut didalamnya. Proses koagulasi dan flokulasi membutuhkan penambahan koagulan dan flokulan, yang paling umum digunakan adalah senyawa kimia bermuatan positif dan polimer bermuatan negative seperti garam besi, garam aluminium, kapur terhidrasi, magnesium karbonat, dan polimer [7]. Meskipun senyawa-senyawa ini telah terbukti efektif dalam mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi dalam air, penggunaannya dapat berbahaya bagi lingkungan. Dampak negative koagulan kimia terhadap lingkungan meliputi peningkatan laju korosi, perubahan pH, keterbatasan pemanjangan akar, penghambatan perkecambahan biji, dan kemungkinan terperangkap dalam rantai makanan [8]. Oleh karena itu, biokoagulan dapat menjadi alternatif untuk meminimalkan dampak dan risiko penggunaan koagulan kimia dalam pengolahan air limbah.

Biokoagulan dianggap lebih menguntungkan karena ramah lingkungan, menawarkan kinerja yang andal, memungkinkan pemanfaatan lumpur yang dihasilkan, penerapannya di daerah terpencil, mengurangi limbah dan memanfaatkan sumber daya lokal, serta mengurangi pembentukan lumpur. Biokoagulan dapat diekstraksi dari mikroba, tumbuhan, atau hewan. Sifat-sifat penting yang memungkinkan biokoagulan untuk dimanfaatkan sebagai biokoagulan antara lain keberadaan polimer protein, polisakarida, dan gugus fungsi tertentu, termasuk gugus karboksil dan hidroksil. Prosedur adsorpsi, penjembatanan polimer, dan netralisasi muatan didukung oleh polisakarida, protein, dan gugus fungsi tertentu [9]. Beberapa tumbuhan dilaporkan sebagai biokoagulan, antara lain pati beras, singkong, pati kentang, dan biji kelor (*moringa oleifera*) [10].

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah oven, pH meter, turbidimeter, stirrer, neraca analitik, gerinder, desikator, *screening* 80 dan 200 mesh, *hotplate magnetic stirrer*, dan perangkat gelas. Bahan-bahan yang digunakan adalah ampas tebu, NaOH 8%, aquadest, dan POME. POME diperoleh dari kolam 1 pabrik PT PKU I Kalimantan Timur.

### 2.2 Prosedur Penelitian

Proses pengolahan ampas tebu dimulai dengan mengumpulkan ampas dari pedagang es tebu di sekitar Politeknik Negeri Samarinda. Ampas tersebut kemudian dicuci menggunakan air bersih. Setelah itu, ampas dikeringkan menggunakan oven pada suhu 90°C hingga berat konstan. Selanjutnya, ampas tersebut dihaluskan dengan grinder dan diayak dengan ukuran -80+200 mesh untuk mendapatkan serbuk halus. Proses pembuatan biokoagulan dari ampas tebu dimulai dengan proses delignifikasi ampas menggunakan NaOH 8% dengan formula sebanyak 20 gr/L. Campuran tersebut kemudian dipanaskan dalam gelas beaker pada suhu 120°C selama 120 menit. Residu yang dihasilkan kemudian dicuci hingga pH-nya netral.

Pengaplikasian biokoagulan dengan menyiapkan POME ke dalam gelas kimia. Selanjutnya biokoagulan ditambahkan biokoagulan dengan variasi dosis yaitu 7,5; 10; 12,5; 15; dan 17,5 (g/L). Campuran tersebut kemudian diaduk dengan metode *jartest* dengan kecepatan 120 rpm selama 2 menit, diikuti dengan pengadukan lambat pada kecepatan 40 rpm selama 10 menit, dan dilanjutkan dengan sedimentasi selama 60 menit. POME yang telah melalui pengolahan tersebut dianalisis nilai TSS, kekeruhan dan pH.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Biokoagulan ampas tebu yang diperoleh diaplikasikan pada POME yang diperoleh dari kolam 1. Adapun karakteristik POME sebelum dilakukan pengolahan disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Karakteristik POME

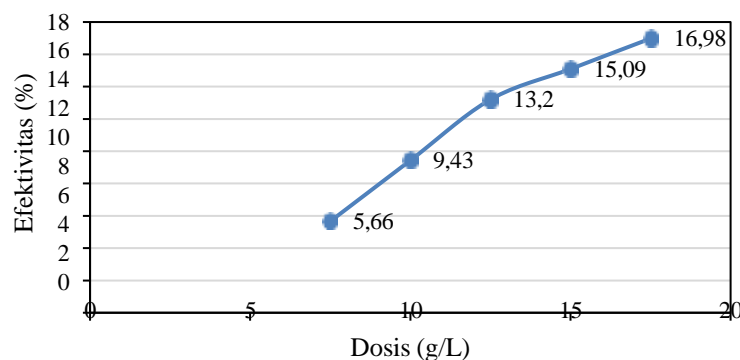
No.	Parameter	Nilai
1.	TSS	1907 mg/L
2.	Kekeruhan	5300 NTU
3.	pH	4,32

Berdasarkan hasil analisis karakteristik POME yang disajikan pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa nilai TSS, kekeruhan, dan pH POME berada diluar ambang batas nilai baku mutu yang ditetapkan di PMLH No.5 tahun 2014. Pengolahan limbah POME menggunakan biokoagulan dari ampas tebu melibatkan proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH 8% selama dua jam. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan lignin agar kandungan lignoselulosa dalam ampas tebu yang berperan penting dalam menurunkan parameter pencemar pada POME dapat diperoleh lebih optimal. Pengaplikasian biokoagulan dilakukan dengan menggunakan proses *Jar test* meliputi pengadukan cepat selama 2 menit, pengadukan lambat selama 20 menit dan proses pengendapan atau sedimentasi selama 60 menit. Kualitas limbah POME dianalisis setelah dilakukan pengolahan menggunakan bikoagulan ampas tebu. Parameter analisis meliputi TSS, kekeruhan, dan pH. Hasil analisis dan perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil analisis TSS, kekeruhan, dan pH pada limbah POME

No	Dosis (g/L)	pH		Kekeruhan		TSS	
		Nilai	$\eta$ (%)	Nilai (NTU)	$\eta$ (%)	Nilai (mg/L)	$\eta$ (%)
1	7,5	4,77	10,41	5000	5,66	1738	8,86
2	10	5,1	18,05	4800	9,43	1025	46,25
3	12,5	4,97	15,04	4600	13,2	1495	21,6
4	15	5,3	22,68	4500	15,09	1505	21,08
5	17,5	6,06	40,27	4400	16,98	1435	24,75
Nilai maximum Baku mutu PMLH No. 5 thn 2014		6,0-9,0		200 NTU		250 mg/L	

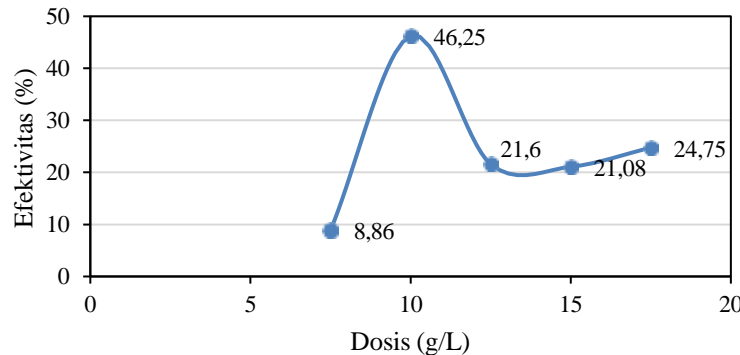
Nilai pH yang dihasilkan setelah proses pengolahan pada **Tabel 2** memberikan gambaran mengenai kestabilan sistem dan efektivitas biokoagulan dalam menjaga kondisi lingkungan pengolahan yang optimal. Berdasarkan **Tabel 2**, nilai pH menunjukkan adanya peningkatan seiring bertambahnya dosis biokoagulan yang digunakan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nigussie & Habtu, (2023) yang memperoleh pH air yang diolah meningkat seiring dengan penambahan dosis biokoagulan [11]. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi dosis biokoagulan, semakin besar pula kemampuannya dalam menetralisasi senyawa asam dalam limbah. Ketika senyawa tersebut terikat oleh komponen aktif dalam ampas tebu, terutama kandungan lignoselulosa dan residu alkali, maka konsentrasi ion  $H^+$  menurun, sehingga menyebabkan pH meningkat [12]. Pada penelitian ini diperoleh untuk parameter pH pada seluruh variasi dosis berada pada rentang pH yang diperbolehkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 yaitu 6,0-9,0.



**Gambar 1.** Efektivitas penurunan kekeruhan POME

Berdasarkan **Gambar 1**, peningkatan dosis biokoagulan memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan kekeruhan pada limbah cair POME. Semakin banyak dosis biokoagulan yang digunakan maka semakin besar nilai penurunan kekeruhan. Efektivitas terbesar diperoleh pada dosis 17,5 g/L dengan nilai 16,98%. Namun, dosis 17,5 g/L belum dapat dikatakan optimum karena pada penelitian ini tren belum menunjukkan pola optimum. Kekeruhan memiliki nilai optimum pada dosis tertentu, saat berada pada optimum terjadi destabilisasi kemudian penambahan dosis menyebabkan restabilisasi. Restabilisasi terjadi ketika penambahan biokoagulan mampu mengubah warna dan mengikat padatan dengan membentuk flok yang mengendap sehingga air limbah menjadi lebih jernih [13]. Pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa dosis biokoagulan yang diaplikasikan belum mencapai nilai optimum. Studi yang dilakukan oleh [14] menunjukkan

biokoagulan dari ampas tebu dengan kondisi pH 7 dan kekeruhan awal 200 NTU mampu menurunkan kekeruhan mendekati 60%. Hal serupa yang dihasilkan dari penelitian [15] menunjukkan bahwa untuk mencapai penurunan kekeruhan optimum, penggunaan biokoagulan ampas tebu membutuhkan dosis yang lebih rendah jika dibandingkan dengan biokoagulan dari sumber lainnya. Terdapat kemungkinan bahwa penambahan dosis biokoagulan selanjutnya dapat memperoleh nilai efektifitas lebih tinggi atau nilai optimum. Jika dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014, meskipun terjadi penurunan kekeruhan yang cukup baik, nilai akhir belum memenuhi nilai ambang batas sesuai dengan standar.



**Gambar 2.** Efektivitas penurunan TSS pada limbah POME

*Total Suspended Solid (TSS)* dalam limbah cair POME merujuk pada partikel padatan tersuspensi seperti lumpur, serat kelapa sawit, dan mikroorganisme. Konsentrasi TSS yang tinggi dapat mengganggu proses biologis dan menurunkan kejernihan air, sehingga berdampak negatif terhadap proses pengolahan lanjutan dan kualitas lingkungan. Penggunaan biokoagulan berperan penting dalam mengumpulkan partikel-partikel tersebut menjadi flok-flok berukuran besar yang mudah mengendap, sehingga kadar TSS dalam POME dapat dikurangi secara signifikan. Hasil analisis dari pengujian ini disajikan pada **Gambar 2**.

Dapat dilihat pada **Gambar 2** pengaruh dosis biokoagulan terhadap penurunan nilai TSS mengalami fluktuasi. Proses koagulasi dan flokulasi melibatkan beberapa mekanisme meliputi netralisasi muatan, koagulasi sapan, penjembatanan, flokulasi tambal dapat terjadi selama pembentukan flok. Mekanisme koagulasi yang mungkin terjadi dengan menggunakan biokoagulan ampas tebu adalah menjembatani antarpartikel karena penurunan kekeruhan tidak menunjukkan adanya pengaruh secara langsung antara pH terhadap kekeruhan [14]. Persen efektifitas mengalami perubahan mencapai puncaknya dan kemudian stabil. Hal ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan dosis dapat mencapai titik jenuh dan kemudian kemampuan penghilangannya menurun [16].

#### 4. Kesimpulan

Pengolahan limbah POME menggunakan biokoagulan dari ampas tebu mampu menurunkan nilai kekeruhan dan TSS meskipun belum memenuhi baku mutu PMLH No. 5 Tahun 2014. Penelitian ini menunjukkan bahwa dosis biokoagulan berpengaruh terhadap peningkatan pH serta penurunan kekeruhan dan TSS pada limbah POME. Peningkatan dosis biokoagulan meningkatkan pH hingga berada dalam rentang baku mutu (6,0–9,0). Efektivitas tertinggi penurunan kekeruhan sebesar 16,98% dan TSS sebesar 46,25% diperoleh pada dosis 17,5 g/L dan 10 g/L. Dosis optimum belum tercapai, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk optimasi dosis dan kondisi proses.

#### 5. Referensi

- [1] M. Djun Lee and P. San Lee, "Performance of Chitosan as Natural Coagulant in Oil Palm Mill Effluent Treatment," *Promis. Tech. Wastewater Treat. Water Qual. Assess.*, no. October, 2021, doi: 10.5772/intechopen.94330.
- [2] M. Apriyanto and Melisa, "“Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (Studi Kasus Pada PT. Tri Bakti Sarimas PKS 2 Ibul, Riau) Mahasiswa Teknologi Pangan Universitas Islam Indragiri.”" *J. Teknol. Pertan.*, vol. 9, no. 2, pp. 86–93, 2020.
- [3] Sawit, Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa. "Potensi Limbah Kelapa Sawit Indonesia." *Diakses melalui: <https://www.bpdp.or.id/Potensi-Limbah-Kelapa-Sawit-Indonesia>* [16/12/2023] (2018).
- [4] Hasrul, Hasrul, Edy Saputra, and Khairat Khairat. *Pengolahan Limbah Cair Sawit dengan Metode Aop (Advanced Oxidation Process) Menggunakan Katalis LaMnO3 Perovskite dengan Variasi Oksidan*

- Peroxymonosulfate*. Diss. Riau University.
- [5] Nugroho, Agung. "Teknologi Agroindustri Kelapa Sawit." *Lambung Mengkurat Universitas Press (Issue November)* (2019): 41-42.
- [6] Qurrotu'aini, Qonita, and Jaenab Athiah Al'afifah. "Inovasi Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit (Pome) Net-Zero Emission Menjadi Listrik Sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan (EBT)." *Jurnal Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa* 6.2 (2022): 35-50.
- [7] R. M. El-taweel *et al.*, "A Review Of Coagulation Explaining Its Definition, Mechanism, Coagulant Types, And Optimization Models; RSM, and ANN," *Curr. Res. Green Sustain. Chem.*, vol. 6, no. January, 2023, doi: 10.1016/j.crgsc.2023.100358.
- [8] N. S. Ali and A. J. Jaeel, "Turbidity and TSS Removal From Textile Wastewater Using A Combination Of Natural And Chemical Coagulants," *Wasit J. Eng. Sci.*, vol. 7, no. 2, pp. 36–43, 2018.
- [9] S. B. Kurniawan, S. Rozaimah, S. Abdullah, and M. F. Imron, "Challenges And Opportunities Of Biocoagulant/Biofloculant Application For Drinking Water And Wastewater Treatment And Its Potential For Sludge Recovery," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 9312, pp. 1–33, 2020.
- [10] M. H. Ng and M. S. Elshikh, "Utilization of Moringa oleifera as Natural Coagulant for Water Purification," *Ind. Domest. Waste Manag.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.53623/idwm.v1i1.41.
- [11] Nigussie, Zenebe, and Nigus Gabbaye Habtu. "Performance evaluation of biocoagulant for the effective removal of turbidity and microbial pathogens from drinking water." *Journal of Water and Health* 21.9 (2023): 1158-1176.
- [12] Nurzanah, Wiwin, and Irma Dewi. "Bahan Limbah Alami Sebagai Bio-Koagulan Pengolahan Air Limbah Domestik." *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan* 12.2 (2024): 121-132.
- [13] Ramadhani, Gary Intan, and Atiek Moesriati. "pemanfaatan biji asam jawa (*Tamarindusindica*) sebagai koagulan alternatif dalam proses menurunkan kadar COD dan BOD dengan studi kasus pada limbah cair industri tempe." *Jurnal Teknik Pomits* 2.1 (2013): 22-26.
- [14] M. B. Bahrodin, N. S. Zaidi, A. Kadier, N. Hussein, A. Syafiuddin, and R. Boopathy, "A Novel Natural Active Coagulant Agent Extracted from the Sugarcane Bagasse for Wastewater Treatment," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 7972, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/app12167972>.
- [15] D. R. Rudresh Gowda, K. V Suhag, V. K. Poojashree, A. B. Roopa, and H. S. Manjunath, "Experimental Study on Treating Waste Water Using Natural Adsorbents," *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 5, pp. 5390–5396, 2019, doi: 10.15680/IJRSET.2019.0805118.
- [16] Ahmed, Hussein M., et al. "Evaluation of different natural waste materials as bio-coagulants for domestic wastewater treatment." *Desalination and Water Treatment* 317 (2024): 100034.