

Efektivitas Penggunaan Biokoagulan Biji Alpukat (*Persea americana m.*) dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Air Limbah Industri Tahu

Nisa Bella Ainindia¹, Tanti Utami Dewi^{1*}, dan Ulvi Pri Astuti¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : tanti.dewi@ppns.ac.id

Abstrak

Limbah cair industri tahu merupakan salah satu sumber pencemar pada badan air. Beban pencemar pada air limbah industri tahu mengandung kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang dapat merusak lingkungan jika tidak ditangani dengan metode yang tepat. Salah satu metode untuk mengurangi beban pencemar tersebut dapat dilakukan melalui koagulasi-flokulasi dengan biokoagulan yang ramah lingkungan seperti biji alpukat. Senyawa tanin yang terdapat dalam biji alpukat dapat dimanfaatkan dalam proses koagulasi dan flokulasi untuk mengolah air limbah. Pembuatan ekstrak tanin biji alpukat dilakukan melalui metode maserasi dengan menggunakan pelarut etanol 96%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan biokoagulan ekstrak tanin biji alpukat pada air limbah industri tahu. Dosis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan variasi 16,32 mg/L, 20,04 mg/L, dan 24,48 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biokoagulan biji alpukat dengan dosis 16,32 mg/L memiliki efisiensi penyisihan optimum dengan persentase penurunan kadar COD 0,5% dan TSS 88,96%.

Keywords: Biokoagulan, *Jar Test*, Koagulasi-Flokulasi, Limbah Cair Industri Tahu, Tanin Biji Alpukat

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia saat ini telah berkembang sangat pesat, termasuk di antaranya adalah industri tahu. Limbah cair industri tahu yang dibuang ke sungai tanpa pengolahan, berpotensi untuk mencemari lingkungan. Hasil uji karakteristik awal pada salah satu industri tahu menunjukkan nilai kandungan COD 987 mg/L dan TSS sebesar 824 mg/L. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 baku mutu untuk parameter COD sebesar 300 mg/L dan TSS sebesar 100 mg/L. Nilai COD dan TSS tersebut telah melampaui baku mutu jika dibandingkan dengan peraturan, sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air.

Teknologi yang banyak diterapkan dalam pengolahan air limbah, baik dari industri tahu maupun jenis industri lainnya, meliputi proses koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi (menggunakan media filter, membran, atau cartridge filter), adsorpsi, serta pertukaran ion. Pada penelitian ini menggunakan teknologi koagulasi-flokulasi karena metode koagulasi-flokulasi mampu menghilangkan partikel halus dalam jumlah kecil sehingga menghasilkan air yang jernih dan bebas dari partikel padat. (Kusuma, 2022). Koagulasi adalah metode pengolahan limbah cair dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan partikel kecil menjadi lebih besar (Pradelia et al., 2025). Flokulasi adalah proses yang membentuk flok berukuran lebih besar melalui pengadukan lambat, sehingga partikel dapat mengendap (Husnah, 2016).

Penggunaan koagulan dalam metode koagulasi-flokulasi umumnya melibatkan bahan anorganik, seperti sulfat hidrat, tawas, dan PAC. Koagulan sintetik tersebut memiliki kelemahan, seperti meningkatnya kandungan ion kimia dalam air dan sifatnya yang tidak mudah terbiodegradasi (Syamsidar et al., 2017). Penggunaan koagulan alami kini semakin banyak dikembangkan sebagai alternatif pengganti koagulan kimia dalam pengolahan air limbah karena memiliki sifat yang *biodegradable* dan ramah lingkungan. Biji alpukat merupakan salah satu bahan alami yang berpotensi digunakan sebagai koagulan. Kandungan tanin dalam biji alpukat dapat berperan dalam proses pengolahan air limbah melalui metode koagulasi dan flokulasi. Penelitian yang dilakukan oleh Risnawati (2024) menggunakan biokoagulan biji alpukat dapat menurunkan konsentrasi COD dan TSS dengan efisiensi penyisihan masing-masing 94,06% dan 71,43%. Penggunaan koagulan alami lebih ramah lingkungan apabila diterapkan dalam proses pengolahan limbah cair. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penggunaan biokoagulan tanin biji alpukat dalam menurunkan kadar COD dan TSS pada air limbah industri tahu.

2. METODE

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu glassware, hotplate & magnetic stirrer, neraca

analitik, desikator, oven, pH indicator, grinder, saringan 80 mesh, kertas saring, vacuum filter, dan jas test. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah industri tahu, biji alpukat, aquades, etanol 96%.

2.2 Persiapan Sampel

Sampel limbah cair industri tahu diambil dari inlet pada pipa pembuangan saluran air limbah. Pengujian konsentrasi awal dilakukan pada sampel yang meliputi parameter COD dan TSS. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kandungan awal dari sampel yang akan digunakan dalam penelitian.

2.3 Pembuatan Biokoagulan Biji Alpukat

2.1 Preparasi Bahan Biji Alpukat

Biji alpukat perlu melalui tahap preparasi awal guna membersihkan dan mempersiapkan bahan agar siap digunakan pada proses selanjutnya. Preparasi awal yang dilakukan yaitu biji alpukat dicuci bersih lalu dipotong menjadi bagian kecil. Selanjutnya, biji alpukat dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Biji alpukat yang sudah kering dihaluskan hingga menjadi serbuk halus dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh.

2.2 Pembuatan Ekstrak Tanin Biji Alpukat

Pembuatan ekstrak tanin biji alpukat dilakukan menggunakan pelarut etanol 96%. Pelarut etanol 96% digunakan pada penelitian ini karena etanol 96% memiliki kemampuan untuk menyari senyawa kimia lebih banyak dibandingkan dengan metanol dan air (Azzahra, 2020). Hasil serbuk dari biji alpukat diekstraksi secara maserasi menggunakan larutan etanol 96% dengan perbandingan 1:3 (b/v). Perendaman dilakukan selama 3x24 jam pada suhu kamar yang terlindungi dari sinar matahari guna mengoptimalkan proses ekstraksi senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam sampel (Indarto et al., 2019). Pengadukan dilakukan secara manual guna menjaga keseimbangan bahan ekstraksi dan mempercepat perpindahan zat aktif agar hasil yang diperoleh lebih optimal (Azzahra et al., 2022). Selanjutnya dilakukan penyaringan, filtrat yang diperoleh disaring menggunakan *vacuum filter*.

2.4 Analisis Kadar Tanin Biji Alpukat

Penentuan kadar tanin pada penelitian ini dilakukan dengan metode titrimetri melalui titrasi permanganometri untuk menentukan jumlah tanin dalam ekstrak etanol biji alpukat. Kadar tanin digunakan untuk menghitung konsentrasi biokoagulan sebelum dilakukan jar test. Analisis kadar tanin pada biji alpukat dilakukan pada saat setelah pembuatan ekstrak. Hasil kadar tanin biji alpukat setelah dilakukan ekstraksi yakni 2,72%. Pada penelitian Risnawati (2024) menyatakan bahwa kadar tanin pada biji alpukat dengan pelarut air sebesar 0,28%. Penelitian Rais dan Wahyuningtyas (2021) juga menyebutkan bahwa ekstrak biji alpukat menggunakan pelarut metanol 96% mengandung tanin sebesar 2,07%. Penggunaan etanol 96% sebagai pelarut menghasilkan kadar tanin tertinggi, sehingga dapat diindikasikan bahwa etanol merupakan pelarut yang paling efisien untuk mengekstraksi senyawa tanin dari biji alpukat.

2.5 Pelaksanaan Jar Test

Pengujian dilakukan menggunakan metode *jar test* untuk mengevaluasi efektivitas proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan kadar pencemar pada air limbah industri tahu. Hal ini untuk mengetahui perbandingan penggunaan biokoagulan yang berbeda terhadap air limbah industri tahu. Mula-mula disiapkan alat *jar test* dengan 3 beaker glass berukuran 1000 mL. Sampel air limbah yang telah diukur kadar COD dan TSS awal dimasukkan ke dalam beaker glass masing-masing sebanyak 1000 mL. Ditambahkan biokoagulan biji alpukat untuk proses koagulasi flokulasi dengan dosis 16,32 mg/L, 20,04 mg/L, dan 24,48 mg/L. Dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit, pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 30 menit, dan pengendapan selama 30 menit.

2.6 Analisis Parameter COD dan TSS.

Analisis efisiensi penyisihan kadar pencemar dilakukan pada parameter COD dan TSS. Analisis parameter COD dilakukan dengan menggunakan acuan SNI 6989.2:2019 dan parameter TSS menggunakan acuan SNI 6989.3:2019.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Karakteristik Awal Air Limbah Industri Tahu

Tujuan dilakukannya analisis karakteristik awal adalah untuk mengetahui kadar COD dan TSS dalam air limbah industri tahu. Efektivitas penyisihan menggunakan biokoagulan biji alpukat dapat ditentukan melalui pengujian awal terhadap parameter COD dan TSS pada air limbah. Hasil analisis digunakan untuk menunjukkan besarnya penurunan kadar COD dan TSS pada sampel air limbah sebelum dan sesudah penambahan biokoagulan biji alpukat. Analisis ini juga bertujuan untuk menentukan dosis optimum yang digunakan. Uji karakteristik awal air limbah industri tahu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Awal Air Limbah Industri Tahu

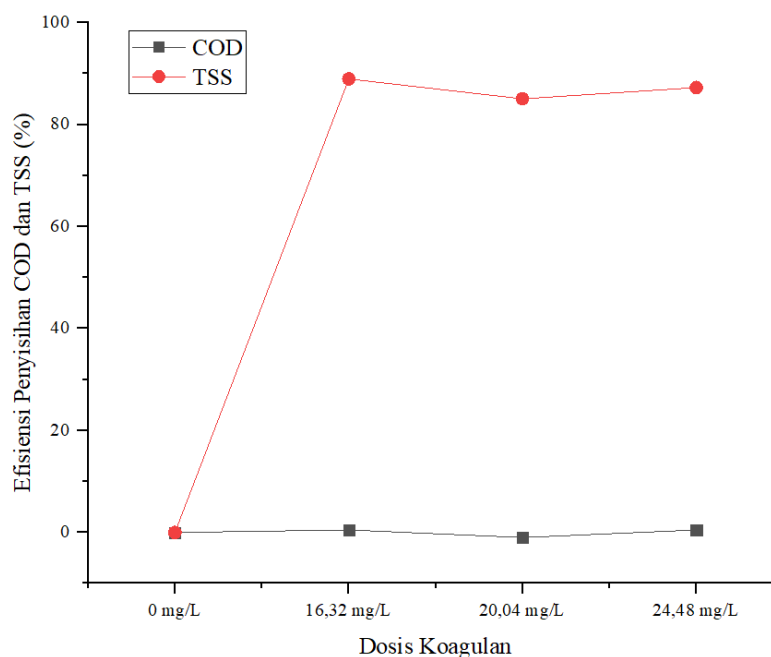
Parameter	Satuan	Hasil Uji	Standar Baku Mutu*
COD	mg/L	987	300
TSS	mg/L	824	100

*Pergub Jatim No.72 Tahun 2013

Tabel 1 menunjukkan, air limbah industri tahu memiliki kadar COD dan TSS yang cukup tinggi yaitu sebesar 987 mg/L dan 824 mg/L. Kadar tersebut melebihi baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Pergub Jatim No.72 Tahun 2013 untuk parameter COD dan TSS yaitu 300 mg/L dan 100 mg/L. Air limbah industri tahu tersebut perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan.

B. Analisis Efektivitas Penyisihan Biokoagulan Tanin Biji Alpukat pada Air Limbah Industri Tahu

Penelitian ini menggunakan proses koagulasi-flokulasi menggunakan biokoagulan tanin biji alpukat dengan dosis yang digunakan yaitu 16,32 mg/L, 20,04 mg/L, dan 24,48 mg/L. Hasil efisiensi penyisihan parameter COD dan TSS ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Efisiensi Penyisihan COD dan TSS menggunakan Koagulan Tanin Biji Alpukat

Pada Gambar 1 terlihat efisiensi penyisihan penggunaan biokoagulan tanin biji alpukat untuk parameter COD dan TSS. Dosis optimum koagulan tanin biji alpukat sebesar 16,32 mg/L menurunkan konsentrasi COD dari 987 mg/L menjadi 982 mg/L dengan efisiensi 0,5%. Pada dosis 20,04 mg/L, konsentrasi COD meningkat menjadi 997 mg/L dengan efisiensi -1%, sedangkan dosis 24,48 mg/L kembali menunjukkan efisiensi penyisihan 0,5%. Menurunnya efisiensi dalam penyisihan COD setelah penggunaan koagulan alami disebabkan oleh karakteristik biokoagulan yang berbasis senyawa organik. Senyawa organik tersebut berpotensi teroksidasi dalam sistem, yang pada akhirnya dapat menambah beban pencemar organik terlarut. (Zainal et al., 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biokoagulan dari biji alpukat menghasilkan efektivitas yang rendah dalam menurunkan kadar COD pada air limbah industri tahu. Penurunan efisiensi penyisihan COD pada dosis tanin di atas 16,32 mg/L disebabkan oleh *charge reversal*, yang mengganggu saat proses koagulasi dan mengurangi efektivitas tanin dalam menggumpalkan partikel serta mengikat senyawa organik (Yasin et al., 2020). Kandungan senyawa fenolik dalam tanin biji alpukat juga berperan dalam proses koagulasi-flokulasi dengan cara membentuk flok sehingga mempercepat pengendapan partikel tersuspensi (Marlinda et al., 2022).

Efisiensi penyisihan TSS dengan dosis biokoagulan tanin biji alpukat 16,32 mg/L dapat menurunkan TSS di bawah baku mutu (<100 mg/L) dengan presentase 88,96%, dari kadar awal 824 mg/L menjadi 91 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan proses koagulasi-flokulasi berlangsung secara optimal. Pada dosis koagulan 20,04 mg/L persentase penyisihan mengalami penurunan menjadi

85,07%, dan dosis 24,48 mg/L persentase penyisihan kembali mengalami kenaikan menjadi 87,26%. Hasil tersebut tidak lebih tinggi dari pemberian dosis awal yang memiliki efisiensi 88,96%. Hasil persentase penyisihan yang tidak stabil dikarenakan banyaknya koagulan juga sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok dan efisiensi proses koagulasi (Dwidewitra et al., 2024). Pemberian dosis koagulan yang melebihi batas optimal tidak lagi efektif dalam mendukung proses pengendapan, melainkan justru menjadi penyebab bertambahnya kandungan padatan tersuspensi dalam sampel. Hal ini menyebabkan kadar TSS kembali meningkat setelah perlakuan, sehingga efisiensi proses penyisihan menurun. (Sasin, 2023).

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biokoagulan dari biji alpukat kurang efektif dalam menurunkan kadar COD pada air limbah industri tahu. Hal ini dikarenakan dari ketiga variasi penelitian, persentase efisiensi penyisihan terbesar yakni 0,5% dengan penggunaan dosis 16,32 mg/L. Sementara biokoagulan biji alpukat efektif untuk menyisihkan kadar TSS hingga 88,96% dengan dosis yang sama yakni 16,32 mg/L.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Azzahra, F., Sari, I. S., & Ashari, D. N. (2022). Penetapan Nilai Rendemen Dan Kandungan Zat Aktif Ekstrak Biji Alpukat (*Persea americana*) Berdasarkan Perbedaan Pelarut Ekstraksi. *Jurnal Farmasi Higea*, 14(2), 159. <https://doi.org/10.52689/higea.v14i2.484>
- Dwidewitra, RP. M. Miftahul Huda, & Tuhi Agung Rachmanto. (2024). Pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Proses Pengolahan Air Di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, 2(2), 145–153. <https://doi.org/10.61132/globe.v2i2.313>
- Husnah. (2016). Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Pada Koagulasi Air Rawa. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1(1), 1689–1699.
- Indarto, I., Narulita, W., Anggoro, B. S., & Novitasari, A. (2019). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Binahong Terhadap *Propionibacterium Acnes*. *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*, 10(1), 67–78. <https://doi.org/10.24042/biosfer.v10i1.4102>
- Kusuma, D. P. A. (2022). Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi (Studi Kasus Desa Soropadan, Kecamatan Pringsurat, Kabupaten Temanggung). *G-Smart*, 5(2), 99–103. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v5i2.3084>
- Marlinda, M., Patmawati, Y., Listiani, W., Putri, D. P., & Pangestu, M. A. (2022). EFEKTIVITAS BIOKOAGULAN EKSTRAK DAUN BELIMBING WULUH DALAM MENURUNKAN KADAR Fe DAN Mn DARI AIR TAMBANG BATU BARA. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 7(1), 184–189.
- Pradelia, G. A., Buwono, H. P., & Artha, I. K. B. (2025). Penurunan Nilai Turbidity Dan Total Suspended Solid Pada Limbah Cair Industri Additive Chemical Construction Menggunakan Koagulan Tawas. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 11(1), 121–130. <https://doi.org/10.33795/distilat.v11i1.6926>
- Sasin, K. D. (2023). Artikel Skripsi Penentuan Dosis Optimum Koagulan Untuk Menurunkan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Pada Air Limbah Tambang Batubara Oleh: Kezia Destiana Sasin 1926007 Program Studi Teknik Lingkungan. *Jurnal Redoks*.
- Syamsidar HS, S., Ramayana, R., & Ramadani, K. (2017). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Menjadi Kitin Sebagai Biokoagulan Air Sungai. *Al-Kimia*, 5(1), 89–99. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v5i1.2859>
- Yasin, N. M. F. M., Hossain, M. S., Abdul Khalil, H. P. S., Zulkifli, M., Al-Gheethi, A., Asis, A. J., & Yahaya, A. N. A. (2020). Treatment of palm oil refinery effluent using tannin as a polymeric coagulant: Isotherm, kinetics, and thermodynamics analyses. *Polymers*, 12(10), 1–20. <https://doi.org/10.3390/polym12102353>
- Zainal, S. F. F. S., Aziz, H. A., Omar, F. M., & Alazaiza, M. Y. D. (2021). Influence of *Jatropha curcas* seeds as a natural flocculant on reducing Tin (IV) tetrachloride in the treatment of concentrated stabilised landfill leachate. *Chemosphere*, 285(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131484>