

EFEKTIVITAS KOMBINASI BIJI ASAM JAWA DAN BIJI ALPUKAT SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM MENURUNKAN PARAMETER LIMBAH CAIR PENCUCIAN MOTOR

EFFECTIVENESS COMBINING TAMARIND SEEDS AND AVOCADO SEEDS AS BIOCOAGULANT IN REDUCING WASTEWATER PARAMETERS FROM MOTORCYCLE WASHING

Arya Putra Prasetyo¹, Vitha Rachmawati², Hery Setyobudiarso³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional
Malang Jl. Bendungan Sigura-gura No.2, Sumber Sari, Lowokwaru, Kota
Malang

Email: ¹) aryaputraprasetyo31@gmail.com ²) hery_sba@yahoo.com

³) vitha@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK: Limbah cair pencucian motor mengandung padatan tersuspensi dan bahan organik yang berpotensi menurunkan kualitas badan air penerima apabila dibuang tanpa pengolahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas kombinasi biji asam jawa (*Tamarindus indica* L.) dan biji alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai biokoagulan dalam menurunkan Total Suspended Solids (TSS) dan Chemical Oxygen Demand (COD) pada limbah cair pencucian motor. Penelitian dilakukan menggunakan jar test dengan dosis total biokoagulan 4 g/L dan tujuh variasi rasio biji asam jawa:biji alpukat, yaitu 100:0, 0:100, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, dan 30:70. Pengadukan cepat dilakukan pada 200 rpm selama 3 menit, dilanjutkan pengadukan lambat 50 rpm selama 15 menit dan pengendapan selama 60 menit. Konsentrasi awal TSS dan COD masing-masing sebesar 167 mg/L dan 408 mg/L. Penyisihan TSS tertinggi diperoleh pada rasio 30:70 dengan konsentrasi akhir 97,7 mg/L dan efisiensi 41,5%, sedangkan penyisihan COD tertinggi diperoleh pada rasio 40:60 dengan konsentrasi akhir 185,6 mg/L dan efisiensi 54,5%. Kedua perlakuan optimum memenuhi baku mutu yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi bahan berbasis biji yang tersedia secara lokal berpotensi menjadi alternatif biokoagulan untuk pengolahan awal limbah cair pencucian motor.

Kata Kunci: biokoagulan, biji alpukat, biji asam jawa, koagulasi-flokulasi, limbah pencucian motor

ABSTRACT: Motorcycle washing wastewater contains suspended solids and organic matter that may degrade the quality of receiving waters when discharged without adequate treatment. This study evaluated the effectiveness of tamarind seed (*Tamarindus indica* L.) and avocado seed (*Persea americana* Mill.) as combined natural coagulants for reducing Total Suspended Solids (TSS) and Chemical Oxygen Demand (COD) in motorcycle washing wastewater. A jar-test experiment was conducted using a total coagulant dose of 4 g/L and seven tamarind seed:avocado seed ratios: 100:0, 0:100, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, and 30:70. Rapid mixing was performed at 200 rpm for 3 minutes, followed by slow mixing at 50 rpm for 15 minutes and settling for 60 minutes. The initial TSS and COD concentrations were 167 mg/L and 408 mg/L, respectively. The highest TSS removal was obtained at a 30:70 ratio, reaching 97.7 mg/L with 41.5% removal. The highest COD removal was obtained at a 40:60 ratio, reaching 185.6 mg/L with 54.5% removal. Both optimum treatments met the quality standards applied in this study. The findings indicate that the combination of locally available seed-based materials has potential as an alternative biocoagulant for preliminary treatment of motorcycle washing wastewater.

Keyword: biocoagulant, avocado seed, tamarind seed, coagulation-flocculation, motorcycle washing wastewater

PENDAHULUAN

Usaha pencucian kendaraan bermotor berkembang seiring meningkatnya mobilitas masyarakat dan kebutuhan terhadap layanan pembersihan kendaraan yang cepat. Aktivitas pencucian motor menggunakan air dalam jumlah cukup besar dan menghasilkan limbah cair yang membawa berbagai kontaminan dari permukaan kendaraan maupun bahan pembersih yang digunakan. Limbah tersebut dapat mengandung tanah, debu, pasir halus, minyak, surfaktan, bahan organik, dan padatan tersuspensi. Apabila dialirkan langsung ke lingkungan tanpa pengolahan, beban pencemar dapat meningkatkan tekanan terhadap kualitas badan air penerima. (Alazaiza et al., 2022; Koul et al., 2022)

Karakteristik limbah pencucian motor bersifat kompleks karena komposisinya dipengaruhi oleh kondisi kendaraan, jenis bahan pembersih, frekuensi pencucian, dan sistem pengelolaan air di lokasi usaha. Padatan tersuspensi dapat menyebabkan peningkatan kekeruhan, mengurangi penetrasi cahaya, dan mengganggu proses fotosintesis organisme perairan. Di sisi lain, bahan organik yang tercermin melalui parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dapat meningkatkan kebutuhan oksigen dalam proses oksidasi. Beban COD yang tinggi berpotensi menurunkan oksigen terlarut apabila limbah masuk ke badan air tanpa pengolahan yang memadai. (Lisa et al., 2022; Nurhidayanti et al., 2022)A

Pengolahan limbah cair pencucian kendaraan perlu mempertimbangkan teknologi yang sederhana, efektif, dan dapat diterapkan pada skala usaha kecil maupun menengah. Koagulasi-flokulasi merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk mengurangi partikel tersuspensi dan koloid. Pada tahap koagulasi, partikel yang stabil didestabilisasi melalui mekanisme netralisasi muatan atau interaksi kimia. Selanjutnya, proses flokulasi mendorong tumbukan antarpartikel sehingga terbentuk flok berukuran lebih besar dan lebih mudah dipisahkan melalui sedimentasi. (Koul et al., 2022; Nahrawi et al., 2024)

Koagulan sintetis seperti alum dan polialuminium klorida telah banyak digunakan dalam pengolahan air dan air limbah. Namun, penggunaan koagulan sintetis dapat menimbulkan kebutuhan biaya operasional dan menghasilkan lumpur kimia yang perlu dikelola. Kondisi tersebut mendorong pengembangan koagulan alami berbasis biomassa. Bahan alami memiliki

keunggulan berupa ketersediaan yang relatif mudah, potensi biodegradabilitas, serta peluang pemanfaatan limbah pertanian dan pangan sebagai bahan pengolahan. (Alazaiza et al., 2022; Koul et al., 2022)

Biji asam jawa dan biji alpukat merupakan biomassa yang berpotensi dimanfaatkan sebagai biokoagulan. Biji asam jawa mengandung protein dan senyawa polifenol yang dapat berperan dalam destabilisasi partikel. Biji alpukat juga mengandung komponen organik yang berpotensi membantu proses pembentukan flok. Pemanfaatan kedua jenis biji tersebut secara kombinasi dapat memberikan peluang terjadinya sinergi, karena karakteristik bahan aktif dari masing-masing biokoagulan dapat berinteraksi dengan komponen pencemar yang berbeda. (Hidayah et al., 2022; Agustini & Fitriah, 2021)

Penelitian mengenai biokoagulan berbasis biji telah banyak dilakukan pada air limbah domestik maupun industri pangan. Namun, karakteristik limbah pencucian motor berbeda dari limbah tersebut karena mengandung campuran padatan mineral, surfaktan, minyak, dan bahan organik. Oleh karena itu, rasio bahan biokoagulan yang efektif pada satu jenis limbah belum tentu memberikan hasil yang sama pada jenis limbah lain. Penentuan rasio optimum perlu dilakukan berdasarkan karakteristik limbah dan parameter pencemar yang menjadi target pengolahan. (Assha et al., 2025; Yusuf et al., 2022; Novita et al., 2021)

Penelitian ini memfokuskan kajian pada penggunaan kombinasi biji asam jawa dan biji alpukat untuk mengolah limbah cair pencucian motor. Dosis total biokoagulan ditetapkan 4 g/L, sedangkan komposisi kedua bahan divariasikan untuk mengetahui pengaruh rasio terhadap penyisihan TSS dan COD. Tujuan penelitian adalah menentukan rasio kombinasi yang paling efektif untuk menurunkan TSS dan COD serta mengevaluasi pencapaian hasil pengolahan terhadap baku mutu yang digunakan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi teknis awal mengenai pemanfaatan biomassa lokal sebagai alternatif biokoagulan pada pengolahan limbah cair pencucian kendaraan. (Assha et al., 2025)

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium dengan metode koagulasi-flokulasi. Variabel bebas berupa rasio massa serbuk biji asam jawa dan biji alpukat,

sedangkan variabel terikat berupa konsentrasi TSS dan COD setelah pengolahan. Dosis total biokoagulan ditetapkan sebesar 4 g/L. Variasi rasio yang digunakan adalah 100:0, 0:100, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, dan 30:70. Setiap perlakuan dilakukan dengan tiga kali pengulangan.

Pengambilan Sampel dan Preparasi

Biokoagulan

Sampel limbah cair diambil dari kegiatan pencucian motor di Kota Malang menggunakan metode grab sampling. Sampel diambil pada saluran limbah sebelum masuk ke badan air penerima dan ditempatkan dalam wadah yang sesuai untuk dibawa ke laboratorium. Biji asam jawa dan biji alpukat dicuci, dikeringkan, dihaluskan, kemudian diayak hingga diperoleh serbuk dengan ukuran relatif seragam. Serbuk tersebut digunakan sebagai biokoagulan tanpa penambahan bahan kimia sintetis. (SNI 6989.59:2008)

Prosedur Koagulasi-Flokulasi

Percobaan dilakukan menggunakan jar test dengan volume sampel 500 mL pada setiap unit percobaan. Biokoagulan ditambahkan sesuai rasio perlakuan dengan dosis total 4 g/L. Pengadukan cepat dilakukan pada 200 rpm selama 3 menit untuk mendispersikan biokoagulan dan mempercepat kontak dengan partikel pencemar. Pengadukan kemudian dilanjutkan pada 50 rpm selama 15 menit untuk mendukung pembentukan flok. Setelah proses pengadukan selesai, sampel didiamkan selama 60 menit untuk proses sedimentasi.

Analisis Data

Parameter TSS dianalisis menggunakan metode gravimetri, sedangkan COD dianalisis menggunakan metode refluks tertutup secara titrimetri. Efisiensi penyisihan dihitung menggunakan persamaan: (SNI 06-6989.3-2004; SNI 6989.73:2019)

$$E = ((C_0 - C_1) / C_0) \times 100\% \quad (1)$$

E adalah efisiensi penyisihan (%), C_0 adalah konsentrasi awal (mg/L), dan C_1 adalah konsentrasi setelah pengolahan (mg/L). Data dianalisis secara deskriptif melalui perbandingan konsentrasi akhir dan persentase penyisihan pada setiap rasio.

Baku Mutu

Hasil pengolahan dibandingkan dengan nilai baku mutu yang digunakan dalam penelitian, yaitu TSS maksimum 100 mg/L dan COD maksimum 250 mg/L. Perbandingan dilakukan untuk menentukan apakah hasil pengolahan pada rasio optimum telah mencapai nilai yang dipersyaratkan. (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal Limbah Cair

Hasil analisis awal menunjukkan bahwa limbah cair pencucian motor memiliki konsentrasi TSS sebesar 167 mg/L dan COD sebesar 408 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa limbah memiliki beban padatan tersuspensi dan bahan organik yang perlu dikurangi sebelum dibuang ke lingkungan. Konsentrasi COD yang lebih tinggi dibandingkan nilai baku mutu menunjukkan adanya beban bahan organik yang cukup besar, sedangkan nilai TSS menunjukkan keberadaan partikel tersuspensi yang dapat dipisahkan melalui proses koagulasi-flokulasi.

Tabel 1. Hasil Uji Awal air Limbah Cucian Motor

Parameter	Konsentrasi awal (mg/L)	Baku mutu (mg/L)
TSS	167	100
COD	408	250

(Sumber : Hasil penelitian, 2026)

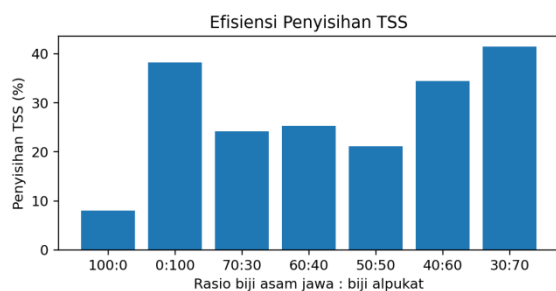
Penyisihan TSS

Penggunaan kombinasi biokoagulan menghasilkan penurunan TSS pada seluruh variasi rasio. Konsentrasi TSS akhir berkisar antara 97,7–153,7 mg/L. Penyisihan tertinggi diperoleh pada rasio 30:70 dengan konsentrasi akhir 97,7 mg/L dan efisiensi 41,5%. Hasil tersebut merupakan satu-satunya perlakuan yang menghasilkan konsentrasi TSS di bawah nilai baku mutu 100 mg/L.

Tabel 2. Penyisihan TSS

Rasio	TSS akhir (mg/L)	Penyisihan (%)	Keterangan
100:0	153.7	8.0	Belum
0:100	103.2	38.2	Belum
70:30	126.6	24.2	Belum
60:40	124.7	25.3	Belum
50:50	131.7	21.1	Belum
40:60	109.5	34.4	Belum
30:70	97.7	41.5	Memenuhi

Kinerja terbaik pada rasio 30:70 menunjukkan bahwa proporsi biji alpukat yang lebih tinggi memberikan pengaruh positif terhadap pengurangan padatan tersuspensi pada limbah yang diuji. Mekanisme yang mungkin berperan adalah netralisasi muatan partikel dan pembentukan agregat yang lebih besar sehingga partikel lebih mudah mengendap. Namun, peningkatan proporsi bahan tidak selalu menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi karena proses koagulasi dipengaruhi oleh keseimbangan dosis, karakteristik partikel, dan kondisi kimia limbah. (Hidayah et al., 2022; Agustini & Fitriah, 2021)



Gambar 1. Efisiensi penyisihan TSS pada berbagai rasio biokoagulan

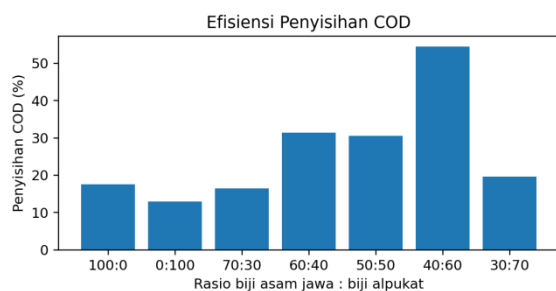
Penyisihan COD

Hasil pengujian COD menunjukkan bahwa rasio 40:60 memberikan kinerja paling baik. Pada rasio tersebut, konsentrasi COD turun dari 408 mg/L menjadi 185,6 mg/L dengan efisiensi penyisihan 54,5%. Nilai akhir tersebut telah berada di bawah baku mutu 250 mg/L. Perlakuan lain menghasilkan konsentrasi COD antara 280,0–355,2 mg/L sehingga belum mencapai nilai baku mutu yang digunakan.

Tabel 3. Penyisihan COD

Rasio	COD akhir (mg/L)	Penyisihan (%)	Keterangan
100:0	336.0	17.6	Belum
0:100	355.2	12.9	Belum
70:30	340.8	16.5	Belum
60:40	280.0	31.4	Belum
50:50	283.2	30.6	Belum
40:60	185.6	54.5	Memenuhi
30:70	328.0	19.6	Belum

Rasio optimum COD yang berbeda dari rasio optimum TSS menunjukkan bahwa proses penyisihan kedua parameter dipengaruhi oleh mekanisme yang tidak sepenuhnya sama. Biji asam jawa dan biji alpukat memiliki komponen organik yang dapat berkontribusi terhadap proses destabilisasi partikel dan pembentukan flok. Komposisi 40:60 diduga memberikan keseimbangan yang lebih sesuai untuk karakteristik bahan organik dan partikel dalam limbah pencucian motor. (Assha et al., 2025; Lisa et al., 2022)



Gambar 2. Efisiensi penyisihan COD pada berbagai rasio biokoagulan

Rasio Optimum dan Implikasi Pengolahan

Rasio optimum untuk TSS dan COD tidak berada pada komposisi yang sama. Rasio 30:70 merupakan perlakuan terbaik untuk TSS, sedangkan rasio 40:60 merupakan perlakuan terbaik untuk COD. Temuan ini memperkuat bahwa penentuan dosis biokoagulan perlu dilakukan berdasarkan parameter target dan karakteristik limbah. Dosis yang terlalu rendah dapat menyebabkan proses destabilisasi partikel tidak berlangsung optimal, sedangkan dosis yang berlebihan berpotensi mengganggu kestabilan flok.

Hasil penelitian ini memiliki implikasi praktis bagi pengolahan limbah pencucian motor skala kecil dan menengah. Biokoagulan berbasis biji dapat menjadi pilihan pengolahan awal sebelum proses lanjutan, terutama ketika bahan baku tersedia di sekitar lokasi. Meskipun demikian, penerapan lapangan perlu memperhatikan variasi kualitas limbah, pengelolaan lumpur hasil sedimentasi, kebutuhan penyimpanan bahan, dan konsistensi karakteristik serbuk biokoagulan. (Alazaiza et al., 2022; Koul et al., 2022)

Perbedaan hasil optimum dengan penelitian pada jenis limbah lain juga menunjukkan pentingnya pengujian jar test sebelum penerapan. Limbah pencucian motor mengandung campuran surfaktan, minyak, tanah, dan padatan tersuspensi yang berbeda dari limbah industri pangan. Oleh karena itu, rasio yang efektif pada satu jenis limbah tidak dapat langsung diterapkan pada jenis limbah lain tanpa penyesuaian. (Novita et al., 2021; Nurhidayanti et al., 2022; Yusuf et al., 2022)

Secara keseluruhan, kombinasi biji asam jawa dan biji alpukat menunjukkan potensi sebagai alternatif biokoagulan berbasis biomassa. Penelitian lanjutan perlu menguji pengaruh pH, dosis total, kecepatan dan waktu pengadukan, serta parameter lain seperti BOD, minyak dan lemak, deterjen, dan fosfat. Uji skala pilot juga diperlukan untuk mengetahui kebutuhan bahan, produksi lumpur, dan efisiensi operasional. (Nahrawi et al., 2024; Koul et al., 2022)

KESIMPULAN

Kombinasi biji asam jawa dan biji alpukat efektif digunakan sebagai biokoagulan untuk pengolahan limbah cair pencucian motor. Penyisihan TSS terbaik diperoleh pada rasio 30:70 dengan efisiensi 41,5% dan konsentrasi akhir 97,7 mg/L, sedangkan penyisihan COD terbaik diperoleh pada rasio 40:60 dengan efisiensi 54,5% dan konsentrasi akhir 185,6 mg/L. Kedua perlakuan optimum memenuhi baku mutu yang digunakan. Penelitian lanjutan disarankan menguji pH, dosis

total, kondisi pengadukan, serta parameter pencemar tambahan pada skala yang lebih besar.

SARAN

1. Menambahkan parameter lain dengan memperhatikan kandungan yang ada pada limbah pencucian motor.
2. Menggunakan jenis koagulan yang berbeda dan dosis yang berbeda.
3. Menambahkan variasi waktu pengadukan dan variasi kecepatan pengadukan untuk mengetahui kondisi terbaik dalam proses pengolahan air limbah pencucian motor.

DAFTAR PUSTAKA

- Alazaiza, M. Y. D., Albahnasawi, A., Ali, G. A. M., Bashir, M. J. K., Nassani, D. E., Al Maskari, T., Abu Amr, S. S., & Abujazar, M. S. S. (2022). *Application of natural coagulants for pharmaceutical removal from water and wastewater: A review. Water, 14*(2), 140. <https://doi.org/10.3390/w14020140>
- Assha, S. H., Adzillah, W. N., & Amanah, N. (2025). Efektivitas gabungan biji asam jawa dan biji alpukat sebagai biokoagulan dalam menurunkan parameter limbah cair tahu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 13*(2), 108–118. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v13i2.94323>
- Hidayah, R., Effendi, H., & Hariyadi, S. (2022). *The utilization of tamarind seeds (Tamarindus indica L.) as the natural coagulant for wastewater treatment of traditional gold mine. Habitus Aquatica, 3*(2), 80. <https://doi.org/10.29244/HAJ.3.2.80>
- Koul, B., Bhat, N., Abubakar, M., Mishra, M., Arukha, A. P., & Yadav, D. (2022). *Application of natural coagulants in water treatment: A sustainable alternative to chemicals. Water, 14*(22), 3751. <https://doi.org/10.3390/w14223751>
- Lisa, D., Fikri, E., & Rojali, R. (2022). Penggunaan koagulan kombinasi bubuk biji Moringa oleifera dan bubuk biji Tamarindus indica dalam menurunkan kadar COD dan TSS limbah cair tahu. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, 21*(3), 266–273.
- Nahrawi, M., Dewi, R., & Harunsyah, H. (2024). Kombinasi proses koagulasi dan aerasi menggunakan biji asam jawa (Tamarindus indica) sebagai biokoagulan pada limbah cair industri tempe. *Jurnal Teknologi, 24*(1). <https://doi.org/10.30811/teknologi.v24i1.4845>
- Novita, E., Salim, M. B., & Pradana, H. A. (2021). Penanganan air limbah industri kopi dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan alami biji asam jawa (Tamarindus indica L.). *Jurnal Teknologi Pertanian, 22*(1), 13–24.
- Nurhidayanti, N., Ilyas, N., & Lazuardini, D. P. (2022). Studi pengolahan limbah cair laundry menggunakan serbuk biji asam jawa sebagai biokoagulan. *Jurnal Tekno Insentif, 16*(1), 16–27. <https://doi.org/10.36787/jti.v16i1.453>
- Yusuf, A. M., Ruhayat, R., & Hadisoebroto, R. (2022). Utilization of tamarind seeds as coagulant to treat tofu wastewater. *Jurnal Ekologi, Masyarakat dan Sains, 3*(2), 3–9. <https://doi.org/10.55448/ems.v3i2.66>
- Agustini, D., & Fitriah, L. (2021). Serbuk biji asam jawa (Tamarindus indica L.) untuk pengelolaan limbah industri cair tempe (studi kasus Mataram). *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan, 7*(2), 272–279.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- SNI 06-6989.3-2004. Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solids) secara gravimetri.
- SNI 6989.73:2019. Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dengan refluks tertutup secara titrimetri.