

## Pengolahan Limbah Cair Industri *Beauty* dan *Personal Care* Menggunakan Metode Koagulasi dan Flokulasi

Rusnia Junita Hakim\*, Dina Adelina, Rrahmasari Ismet, Maulana Muttaqim

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

\*E-mail: dosen02727@unpam.ac.id

### Abstract

---

**Article history:**

Received: 28-05-2025

Accepted: 18-07-2025

Published: 02-08-2025

**Keywords:**

flokulasi;  
industri beauty;  
koagulasi;  
limbah cair;  
personal care.

The beauty and personal care industry generates wastewater that poses a potential threat to the environment if not properly treated. As a small-scale industry, there is a need for an efficient wastewater treatment technology that requires minimal cost and land area. This study aims to analyze the characteristics of wastewater from the industry and evaluate the effectiveness of coagulation and flocculation processes in reducing pollutant levels. The jar test method was employed using varying doses of coagulant (PAC) and flocculant (anionic polymer) at concentrations of 60, 80, and 100 ppm for PAC, and 1–3 ppm for the polymer. Initial test results indicated that the parameters for TDS, TSS, pH, EC, and turbidity did not meet the effluent quality standards set by the Indonesian Ministry of Environment Regulation No. 5 of 2014. The optimum dosage was found to be 80 ppm PAC combined with 3 ppm anionic polymer, which reduced TSS from 1482 mg/L to 83 mg/L and turbidity from 3120 NTU to 20 NTU. The best reduction in EC was achieved with 100 ppm PAC and 3 ppm polymer, lowering EC from 3210  $\mu\text{S}/\text{cm}$  to 399  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . All parameters, except for TDS, complied with the established effluent quality standards.

---

### 1. Pendahuluan

Industri *beauty* dan *personal care* merupakan salah satu subsektor industri manufaktur yang perkembangannya sangat pesat dalam dua dekade terakhir. Berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik (BPS) dan data Kementerian Perindustrian, kontribusi industri kosmetik di Indonesia terus meningkat setiap tahun, seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya perawatan diri, tren gaya hidup modern, serta dukungan perkembangan teknologi formulasi produk. Pertumbuhan pasar ini tidak hanya didominasi oleh perusahaan besar, tetapi juga didukung oleh pelaku usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) yang memproduksi beragam produk perawatan kulit, sabun, parfum, hingga produk perawatan rambut.

Namun, di balik pertumbuhan industri yang menjanjikan tersebut, terdapat tantangan lingkungan yang signifikan. Aktivitas produksi pada industri *beauty* dan *personal care* menghasilkan limbah cair dengan karakteristik kompleks yang mengandung berbagai senyawa organik dan anorganik aktif, seperti surfaktan, deterjen, alkohol, minyak, zat pewarna, bahan pengawet, hingga mikroplastik. Limbah jenis ini umumnya bersifat toksik, memiliki nilai pH rendah, kandungan *total suspended solids* (TSS) dan *total dissolved solids* (TDS) yang tinggi,

kekeruhan yang signifikan, serta nilai konduktivitas listrik (*electrical conductivity*, EC) yang kerap melebihi ambang batas baku mutu air limbah industri sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 dan No. 68 Tahun 2016 [1, 2].

Jika limbah cair ini dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan yang memadai, maka dapat menimbulkan dampak pencemaran lingkungan yang serius. Pencemaran tersebut dapat memicu eutrofikasi, penurunan kadar oksigen terlarut, gangguan biota perairan, serta potensi bioakumulasi zat berbahaya pada rantai makanan. Di samping itu, kualitas air yang menurun juga berdampak pada kesehatan masyarakat di sekitar lokasi industri, khususnya jika sumber air permukaan dimanfaatkan sebagai air baku kebutuhan sehari-hari. Oleh karena itu, pengendalian pencemaran limbah cair industri kosmetik menjadi isu penting dalam upaya perlindungan dan pengelolaan kualitas lingkungan hidup.

Dalam konteks teknologi pengolahan air limbah, metode koagulasi dan flokulasi dikenal sebagai salah satu teknik yang sederhana, efektif, dan ekonomis untuk mengurangi kadar zat pencemar, khususnya untuk parameter TSS, kekeruhan, dan partikel koloid yang tersuspensi dalam air. Proses koagulasi bertujuan untuk mendestabilisasi muatan partikel koloid

sehingga dapat bergabung membentuk flok yang lebih besar, sedangkan flokulasi merupakan tahap pembentukan dan penggabungan flok menjadi agregat yang cukup berat untuk mengendap.

Sejumlah studi menunjukkan efektivitas metode ini pada berbagai jenis limbah. Kajian membuktikan bahwa *poly aluminium chloride* (PAC) sebagai koagulan efektif menurunkan TSS dan *turbidity* pada limbah kosmetik [3]. Penelitian juga menegaskan pentingnya kombinasi koagulan dan flokulan untuk meningkatkan efisiensi pengendapan partikel halus [4]. Kajian lainnya menunjukkan bahwa polimer anionik dapat membentuk flok besar yang stabil pada limbah industri tekstil [5], sedangkan Kurniawan serta Li menyoroti bahwa struktur kimia flokulan berpengaruh signifikan terhadap mekanisme pengikatan partikel [6,7].

Penelitian lainnya menyatakan bahwa penyesuaian jenis dan dosis flokulan dengan karakteristik limbah merupakan kunci keberhasilan proses koagulasi-flokulasi [8]. Hanifah dan Ardiansyah membandingkan kinerja koagulan alami dan sintetik yang memberikan hasil bervariasi bergantung pada kandungan organik dan anorganik dalam limbah [9]. Penelitian Susanto dan Dewi serta Utami menekankan pentingnya efisiensi biaya dan kepraktisan proses pada skala rumah tangga dan UMKM, agar teknologi ini dapat diterapkan secara mandiri tanpa memerlukan instalasi pengolahan limbah berskala besar yang mahal [10,11].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih terfokus pada limbah cair domestik atau industri berskala besar seperti tekstil, farmasi, dan pulp-paper [12,13]. Penelitian terkait penerapan teknologi koagulasi-flokulasi pada limbah cair industri *beauty* dan *personal care* di Indonesia, khususnya untuk skala UMKM, masih sangat terbatas [14]. Padahal, sektor UMKM kosmetik di Indonesia memiliki karakteristik produksi yang bervariasi dan seringkali belum dilengkapi unit IPAL standar akibat keterbatasan lahan, teknologi, dan pembiayaan.

Dengan demikian, terdapat gap penelitian yang perlu diisi, yaitu pengembangan skema pengolahan limbah cair yang sederhana, efektif, dan terjangkau sesuai kondisi nyata UMKM di sektor kosmetik. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah optimasi proses koagulasi-flokulasi menggunakan kombinasi

PAC sebagai koagulan dan polimer anionik sebagai flokulan, disesuaikan dengan variasi dosis yang tepat melalui metode uji *jarrest*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik limbah cair industri *beauty* dan *personal care*, menganalisis efektivitas kombinasi PAC dan polimer anionik dalam menurunkan parameter kualitas limbah, serta menentukan dosis optimum yang mampu menghasilkan limbah akhir yang memenuhi baku mutu yang berlaku. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis sebagai alternatif teknologi pengolahan limbah yang sederhana dan dapat diadopsi oleh pelaku UMKM, sehingga mendukung upaya pemerintah dalam pengendalian pencemaran dan pembangunan industri berkelanjutan.

## 2. Metode

Penelitian ini dilakukan terhadap sampel limbah cair dari industri *beauty* dan *personal care* yang diperoleh dari proses produksi kosmetik. Penelitian ini menggunakan metode koagulasi dan flokulasi dengan pendekatan variasi dosis bahan kimia.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi campuran koagulan dan flokulan, yaitu koagulan *poly aluminium chloride* (PAC) dengan variasi dosis 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm. Flokulan berupa polimer anionik dengan variasi dosis 1 ppm, 2 ppm, dan 3 ppm.

Variabel terikat yang diamati mencakup parameter kualitas air limbah yaitu pH, TSS (*total suspended solids*), TDS (*total dissolved solids*), *turbidity* (kekeruhan), dan EC (*electrical conductivity*).

Proses pengolahan dilakukan menggunakan uji *Jarrest*, dengan melakukan pengadukan cepat (*rapid mixing*) selama 1 menit pada 100 rpm, diikuti oleh pengadukan lambat (*slow mixing*) selama 5 menit pada 40 rpm, kemudian pengendapan selama 30 menit. Setiap perlakuan diuji tiga kali (triplo) untuk memastikan validitas data. Hasil dari masing-masing parameter diukur menggunakan instrumen laboratorium pH meter, *turbidity meter*, *TSS analyzer*, TDS meter, dan *conductivity meter*.

Evaluasi kinerja pengolahan dilakukan berdasarkan persentase penurunan nilai parameter sebelum dan sesudah perlakuan, serta dibandingkan dengan baku mutu limbah cair sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik awal limbah cair yang dihasilkan oleh industri *beauty* dan personal *care* memiliki tingkat pencemaran yang tinggi dan secara nyata melampaui baku mutu yang diatur dalam Permen LHK No. 5 Tahun 2014 [1]. Berdasarkan hasil uji laboratorium, nilai pH awal terukur pada angka 7, sementara *total suspended solid* (TSS) mencapai 1482 mg/L, turbidity sebesar 3120 NTU, *total dissolved solid* (TDS) 4790 mg/L, dan *electrical conductivity* (EC) 3210  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa limbah mengandung padatan tersuspensi dan terlarut yang tinggi, sehingga memiliki potensi mencemari badan air apabila dibuang tanpa pengolahan.

Nilai pH awal sebesar 7 memang masih berada dalam rentang baku mutu, yakni 6–9 [1]. Namun demikian, pH netral ini tidak menjamin limbah aman karena tingginya kandungan TSS, TDS, dan *turbidity* tetap berbahaya bagi kualitas air penerima. Nugroho dan Saraswati menyatakan bahwa stabilitas pH dalam proses pengolahan limbah sangat penting agar koagulan dapat bekerja optimal. Oleh karena itu, meskipun pH awal sudah netral, proses koagulasi-flokulasi tetap diperlukan untuk memastikan semua parameter pencemar dapat ditekan [4].

TSS yang terukur mencapai 1482 mg/L berarti melebihi baku mutu sebesar 400 mg/L [1]. Tingginya TSS menunjukkan bahwa limbah mengandung partikel padat tersuspensi dalam jumlah signifikan. Menurut Pratiwi, padatan tersuspensi dapat mengganggu penetrasi cahaya ke badan air sehingga memengaruhi fotosintesis organisme air [3]. Karena itu, penurunan TSS menjadi salah satu fokus utama dalam penelitian ini.

Nilai *turbidity* sebesar 3120 NTU juga jauh di atas standar maksimal 1000 NTU [2]. Keekeruhan air limbah yang tinggi umumnya dihasilkan oleh partikel halus yang sulit terpisahkan tanpa proses kimia. Zhang menyatakan bahwa penggunaan polimer anionik bersama koagulan dapat memperbesar flok, sehingga proses sedimentasi partikel halus menjadi lebih efektif [5]. Hal ini penting agar keekeruhan air limbah dapat diturunkan ke level yang lebih aman bagi ekosistem perairan.

Parameter TDS yang tercatat sebesar 4790 mg/L juga melampaui batas baku mutu 4000 mg/L [1]. TDS menunjukkan jumlah ion terlarut

seperti garam, mineral, dan senyawa organik kecil. Kajian menunjukkan bahwa koagulasi-flokulasi memang lebih efektif untuk menurunkan partikel tersuspensi (TSS) daripada ion terlarut [7]. Ion-ion terlarut memerlukan metode tambahan seperti filtrasi membran atau adsorpsi agar dapat dihilangkan lebih maksimal.

*Electrical conductivity* yang terukur sebesar 3210  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mendukung tingginya TDS. Kurniawan menjelaskan bahwa nilai EC mencerminkan jumlah ion bermuatan listrik di dalam larutan [6]. Penurunan EC melalui proses koagulasi menunjukkan bahwa sebagian ion dapat ikut terjebak dalam flok dan mengendap, meskipun tidak semua. Oleh karena itu, hasil penurunan EC juga digunakan sebagai indikator keberhasilan proses pengendapan. Karakteristik awal limbah cair industri *beauty* dan personal *care* ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik awal limbah cair industri *beauty* dan personal *care*

Parameter	Satuan	Nilai Awal	Baku Mutu (Permen LHK No. 5 Tahun 2014)
pH	-	7	6 – 9
TSS	mg/L	1482	$\leq 400$ mg/L
Turbidity	NTU	3120	$\leq 1000$ NTU
TDS	mg/L	4790	$\leq 4000$ mg/L
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	3210	Sesuai standar internal

Proses koagulasi-flokulasi dilakukan dengan variasi dosis PAC 60, 80, dan 100 ppm, serta polimer anionik 1, 2, dan 3 ppm. Dari seluruh kombinasi, dosis optimum diperoleh pada PAC 80 ppm dan polimer anionik 3 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa TSS dapat turun drastis hingga 83 mg/L, yang menunjukkan terjadi penurunan sebesar 94,40% dari kondisi awal. Efektivitas ini sesuai dengan laporan Hendrawan yang menunjukkan PAC mampu membentuk flok besar yang mudah mengendap [13].

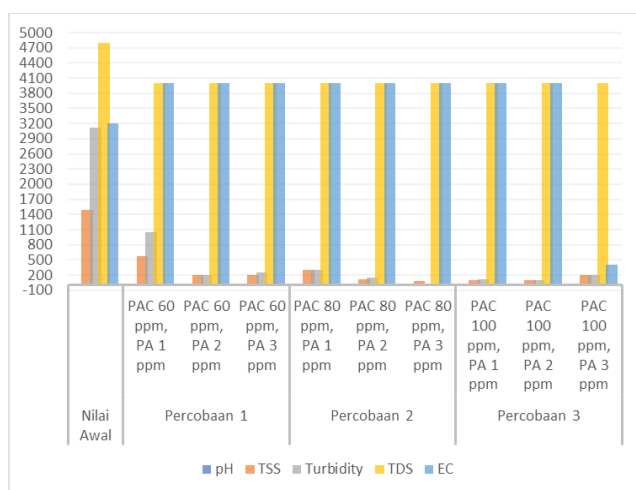
Selain TSS, nilai *turbidity* juga turun signifikan pada dosis optimum, yakni menjadi 20 NTU atau turun 99,36% dibanding nilai awal. Zhang memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa penambahan polimer anionik memperbesar ukuran flok, sehingga keekeruhan dapat ditekan secara maksimal melalui proses sedimentasi [5]. Sedangkan pH tetap stabil pada kisaran netral 6,7–7,3, mendukung efektivitas koagulasi tanpa perlu bahan penyesuaian pH tambahan [4].

Penurunan EC menjadi 399  $\mu\text{S}/\text{cm}$  menunjukkan keberhasilan pengendapan ion terlarut hingga 87,56% [6]. Akan tetapi, TDS hanya turun sekitar 8,55% menjadi 4360 mg/L. Hal ini mengkonfirmasi bahwa meskipun EC turun signifikan, sebagian besar ion masih tersisa dalam bentuk terlarut, mendukung argumen Li bahwa teknologi tambahan seperti filtrasi atau adsorpsi diperlukan untuk perbaikan lanjutan [7].

Tabel 2. Hasil perlakuan koagulasi-flokulasi (dosis optimum)

Parameter	Satuan	Nilai Awal	Nilai Akhir	Percobaan ke-	Efisiensi penurunan (%)
pH	-	7	7	semua	-
TSS	mg/L	1482	83	2	94,4
Turbidity	NTU	3120	20	2	99,36
TDS	mg/L	4790	>4000	semua	-
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	3210	399	3	87,56

Pengaruh variasi dosis PAC dan polimer anionik terhadap penurunan pH, TSS, turbidity, TDS, dan EC ditunjukkan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat bahwa pemberian dosis PAC 100 ppm tidak menunjukkan peningkatan efisiensi lebih baik. Fenomena restabilisasi partikel dapat terjadi ketika dosis koagulan berlebih, menyebabkan flok yang terbentuk pecah kembali menjadi partikel kecil yang terdispersi [7]. Secara visual, flok pada dosis optimum (PAC 80 ppm dan PA 3 ppm) tampak besar, padat, dan cepat mengendap, mendukung teori Zhang mengenai pengaruh ukuran flok terhadap kecepatan sedimentasi [5].



Gambar 1. Pengaruh variasi dosis PAC dan polimer anionik terhadap penurunan pH, TSS, turbidity, TDS, dan EC

Penelitian ini dilakukan pengulangan triplo dengan hasil konsisten, membuktikan bahwa metode ini stabil dan layak diterapkan, terutama pada industri skala kecil menengah yang membutuhkan teknologi sederhana dan terjangkau. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan sistem pengolahan limbah *beauty* dan *personal care* yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan mendukung standar kualitas air nasional.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi dosis koagulan *poly aluminium chloride* (PAC) sebesar 80 ppm dan flokulan polimer anionik sebesar 3 ppm memberikan hasil paling optimal dalam menurunkan kadar TSS dan *turbidity* limbah cair dari industri *beauty* dan *personal care*. Proses ini mampu menurunkan TSS dari 1482 mg/L menjadi 83 mg/L dan *turbidity* dari 3120 NTU menjadi 20 NTU. Nilai pH tetap stabil dalam rentang baku mutu, sedangkan EC menunjukkan penurunan yang signifikan. Namun demikian, parameter TDS belum menunjukkan penurunan yang optimal sehingga perlu ditindaklanjuti dengan metode pengolahan lanjutan seperti filtrasi membran atau adsorpsi. Penelitian ini menguatkan hasil studi sebelumnya dan memberikan kontribusi nyata untuk pengolahan limbah skala UMKM di sektor kosmetik.

#### Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- [2] Kementerian Lingkungan Hidup. 2016. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- [3] Pratiwi, N., Sari, D.P., & Nugroho, H. 2018. *Penggunaan koagulan PAC untuk penurunan TSS dan turbidity pada limbah kosmetik*. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, Vol. 19, No. 2, pp. 85-92.
- [4] Nugroho, H. & Saraswati, R. 2017. *Optimalisasi koagulan dan flokulan pada pengolahan air limbah industri*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 18, No. 1, pp. 55-62.

- [5] Zhang, Y., Wang, Y., & Li, X. 2019. *Enhanced floc formation by anionic polymer addition in textile wastewater treatment*. Environmental Science dan Pollution Research, Vol. 26, No. 11, pp.10503–10511.
- [6] Kurniawan, T.A., Chan, G.Y.S., Lo, W.H., & Babel, S., 2006. *Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals*. Chemical Engineering Journal, Vol. 118, No. 1–2, pp. 83–98.
- [7] Li, L., Chen, J., & Zhao, J. 2017. *Review on coagulation–flocculation as pre–treatment for desalination*. Desalination, Vol. 418, pp. 124–132.
- [8] Rahmawati, D., Putra, R.S., & Fadillah, A., 2021. *Pengaruh dosis flokulan terhadap efisiensi pengolahan air limbah*. Jurnal Ilmu Lingkungan, Vol. 19, No. 2, pp. 211–218.
- [9] Hanifah, R. & Ardiansyah, A., 2021. *Perbandingan kinerja koagulan sintetik dan alami pada pengolahan air limbah*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, Vol. 13, No. 1, pp. 77–83.
- [10] Susanto, H. & Dewi, I.A., 2020. *Efisiensi penggunaan koagulan alami pada skala rumah tangga*. Jurnal Pengelolaan Lingkungan, Vol. 21, No. 1, pp. 45–52.
- [11] Utami, T.W., Sari, L.A., & Rachmawati, F., 2019. *Pengolahan limbah cair rumah tangga menggunakan koagulan alami*. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 25, No. 2, pp. 101–108.
- [12] Syafrudin, M., Kristanto, G.A., & Trihadiningrum, Y., 2018. *A review of wastewater treatment technologies in pulp dan paper industry*. Applied Water Science, Vol. 8, No. 1, pp. 47–54.
- [13] Hendrawan, Y., Sari, M.K., & Saputra, H., 2020. *Efektivitas poly aluminium chloride (PAC) dalam pengolahan limbah industri*. Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 14, No. 1, pp. 12–19.
- [14] Wahyuni, D., Firmansyah, M.I., & Hidayat, T., 2022. *Evaluasi efisiensi proses koagulasi-flokulasi pada pengolahan limbah cair skala UMKM*. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 23, No. 2, pp. 145–152.