



INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi
Volume 27 Nomor 2, Desember 2025

EVALUASI KINERJA OPERASIONAL DAN PEMELIHARAAN WWTP INDUSTRI SUSU BERDASARKAN PARAMETER KUALITAS EFFLUENT DAN MANAJEMEN OPERASIONAL (STUDI KASUS: PT. CC)

Alya Mutia Tsani, Yonik Meilawati Yustiani*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pasundan, Indonesia

Abstrak: Industri pengolahan susu merupakan salah satu sektor agroindustri yang menghasilkan limbah cair dengan karakteristik beban organik tinggi, terutama berasal dari sisa bahan baku, tumpahan produk, serta aktivitas pencucian peralatan produksi. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah cair tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan perairan dan menurunkan kualitas ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja operasional dan pemeliharaan Wastewater Treatment Plant (WWTP) di PT. CC dalam mengolah limbah cair industri susu agar memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku. Metode penelitian yang digunakan meliputi observasi langsung terhadap unit-unit pengolahan WWTP, analisis data hasil pemantauan kualitas air limbah sebelum dan sesudah pengolahan, serta evaluasi sistem pemeliharaan berdasarkan standar operasional perusahaan dan ketentuan peraturan perundang-undangan. Parameter kualitas air limbah yang dianalisis mencakup pH, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), minyak dan lemak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem WWTP PT. CC telah mampu menurunkan konsentrasi parameter pencemar hingga berada di bawah baku mutu yang ditetapkan, melalui penerapan tahapan pengolahan fisika, kimia, dan biologi yang terintegrasi. Meskipun demikian, masih ditemukan beberapa kendala teknis seperti penyumbatan pada unit screening, penumpukan sludge, serta kendala non-teknis berupa keterbatasan jumlah operator dan belum optimalnya jadwal pembersihan rutin. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa kinerja WWTP PT. CC telah berjalan efektif dalam mengendalikan pencemaran limbah cair industri susu, namun diperlukan peningkatan aspek pemeliharaan dan manajemen operasional untuk menjamin keberlanjutan sistem pengolahan dalam jangka panjang.

Kata kunci: Limbah cair industri susu, *Wastewater Treatment Plant (WWTP)*, Operasional dan pemeliharaan IPAL, Kualitas air limbah industri, Pengendalian pencemaran lingkungan

I. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri di Indonesia memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi nasional, namun di sisi lain juga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan

limbah yang memadai. Salah satu sektor industri yang berkembang pesat adalah industri pengolahan susu akibat kebutuhan protein hewani yang meningkat (Uhrowiyah et al., 2021). Industri ini menghasilkan berbagai produk turunan seperti susu cair ultra high temperature (UHT), susu kental manis, yogurt, dan es krim, yang proses produksinya membutuhkan air dalam jumlah besar. Penggunaan air tersebut secara langsung berbanding lurus dengan volume limbah cair yang dihasilkan, sehingga pengelolaan limbah

*) yonik@unpas.ac.id

cair menjadi aspek krusial dalam operasional industri pengolahan susu (Prasetyani & Suryono, 2023).

Limbah cair industri susu umumnya memiliki karakteristik beban organik tinggi yang berasal dari kandungan protein, lemak, dan karbohidrat (Adi Rohmanna et al., 2021; Zakaria et al., 2020). Parameter pencemar utama yang sering dijumpai meliputi Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), minyak dan lemak, serta fluktuasi pH. Apabila limbah cair dengan karakteristik tersebut dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan yang memadai, maka akan menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut, eutrofikasi, serta gangguan terhadap biota perairan. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair menjadi kewajiban mutlak bagi industri pengolahan susu guna memenuhi baku mutu lingkungan dan menjaga keberlanjutan ekosistem.

Wastewater Treatment Plant (WWTP) atau Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan sistem yang dirancang untuk mengolah limbah cair industri melalui serangkaian proses fisika, kimia, dan biologi. Keberhasilan suatu sistem WWTP tidak hanya ditentukan oleh desain teknis unit pengolahan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh aspek operasional dan pemeliharaan. Operasional yang tidak sesuai dengan standar dapat menurunkan efisiensi proses pengolahan, sedangkan pemeliharaan yang tidak optimal berpotensi menyebabkan kerusakan peralatan, gangguan proses, hingga kegagalan sistem secara keseluruhan.

PT. CC merupakan salah satu industri pengolahan susu berskala besar di Indonesia yang menghasilkan limbah cair dari aktivitas produksi dan pencucian peralatan. Sebagai bentuk komitmen terhadap pengelolaan lingkungan, PT. CC telah membangun dan

mengoperasikan sistem WWTP untuk mengolah limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan. Sistem WWTP ini terdiri atas beberapa unit pengolahan yang dirancang untuk menurunkan beban pencemar hingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh peraturan pemerintah.

Meskipun sistem WWTP telah diterapkan, dalam praktiknya masih sering dijumpai berbagai permasalahan yang dapat mempengaruhi kinerja pengolahan limbah cair. Permasalahan tersebut dapat bersifat teknis, seperti penyumbatan pada unit screening, penumpukan sludge, kebocoran pipa, maupun non-teknis, seperti keterbatasan sumber daya manusia, belum optimalnya jadwal pembersihan rutin, dan pengawasan operasional yang perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap aspek operasional dan pemeliharaan WWTP menjadi penting untuk memastikan bahwa sistem pengolahan limbah cair dapat berfungsi secara efektif dan berkelanjutan bahkan dapat ditingkatkan untuk proses daur ulang (Bahri et al., 2013).

Berbagai penelitian terdahulu mengenai pengolahan limbah cair industri susu umumnya berfokus pada efisiensi teknologi pengolahan tertentu, seperti biofilter, reaktor anaerob-aerob, atau unit fisika-kimia, dengan penekanan pada hasil penurunan parameter kualitas air limbah (Zakaria et al., 2020; Adi Rohmanna et al., 2021; Pramita et al., 2019). Pendekatan tersebut memberikan pemahaman yang baik terhadap kinerja proses secara teoritis dan eksperimental. Namun demikian, penelitian yang secara spesifik mengevaluasi kinerja WWTP dari sudut pandang operasional dan pemeliharaan pada kondisi eksisting industri masih terbatas, khususnya di industri pengolahan susu berskala besar di Indonesia.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi operasional dan pemeliharaan Wastewater Treatment Plant di PT. CC. Evaluasi dilakukan dengan meninjau alur proses pengolahan limbah cair, menganalisis hasil pemantauan kualitas air limbah, serta mengidentifikasi permasalahan yang muncul selama pengoperasian WWTP. Hasil evaluasi diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat efektivitas sistem WWTP dalam mengendalikan pencemaran lingkungan, serta menjadi dasar dalam perumusan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan kinerja pengolahan limbah cair industri susu.

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai hubungan antara karakteristik limbah cair industri susu, sistem pengolahan yang diterapkan, serta peran operasional dan pemeliharaan dalam menjamin kualitas effluent yang dihasilkan. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri sejenis dalam menerapkan pengelolaan limbah cair yang efektif dan sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan deskriptif-evaluatif yang bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis kondisi operasional dan pemeliharaan Wastewater Treatment Plant (WWTP) di PT. CC, serta mengevaluasi kinerjanya dalam mengolah limbah cair industri susu. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran nyata mengenai kondisi lapangan, sekaligus memungkinkan analisis terhadap efektivitas sistem pengolahan yang diterapkan berdasarkan data aktual hasil pemantauan kualitas air limbah.

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan, wawancara dengan operator dan teknisi WWTP, serta pengamatan terhadap kegiatan operasional dan pemeliharaan unit pengolahan. Observasi dilakukan pada setiap tahapan proses pengolahan limbah cair, mulai dari unit pra-pengolahan hingga unit pengolahan lanjutan. Pengamatan ini mencakup kondisi fisik unit, pola aliran limbah, penggunaan bahan kimia, serta pengendalian parameter operasional seperti debit aliran dan waktu tinggal.

Selain observasi, data primer juga diperoleh dari hasil pengukuran dan pengujian kualitas air limbah. Parameter yang dianalisis meliputi pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, yang merupakan parameter utama dalam penilaian kualitas limbah cair industri susu. Data hasil pengujian diperoleh dari laboratorium internal perusahaan dan laboratorium eksternal yang terakreditasi, sehingga validitas dan keakuratan data dapat dipertanggungjawabkan.

Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan, seperti standar operasional prosedur (SOP) WWTP, catatan pemeliharaan peralatan, laporan hasil pemantauan kualitas air limbah, serta peraturan perundang-undangan yang berkaitan dengan pengelolaan limbah cair industri. Data sekunder ini digunakan sebagai dasar pembandingan dalam evaluasi kinerja WWTP, khususnya dalam kaitannya dengan pemenuhan baku mutu lingkungan.

Analisis data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk mengevaluasi aspek operasional dan pemeliharaan WWTP berdasarkan hasil observasi dan wawancara. Evaluasi ini mencakup kesesuaian operasional dengan

SOP, efektivitas pemeliharaan preventif dan korektif, serta identifikasi kendala teknis dan non-teknis yang mempengaruhi kinerja sistem. Sementara itu, analisis kuantitatif dilakukan terhadap data hasil pengujian kualitas air limbah dengan membandingkan nilai parameter sebelum dan sesudah pengolahan terhadap baku mutu yang berlaku.

Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh pemahaman mengenai karakteristik limbah cair industri susu, prinsip pengolahan limbah cair, serta standar baku mutu lingkungan. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data lapangan melalui observasi dan pengambilan data kualitas air limbah. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis untuk menilai efektivitas pengolahan limbah cair dan kinerja WWTP secara keseluruhan. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk merumuskan kesimpulan dan rekomendasi perbaikan yang bersifat aplikatif dan realistis sesuai dengan kondisi lapangan.

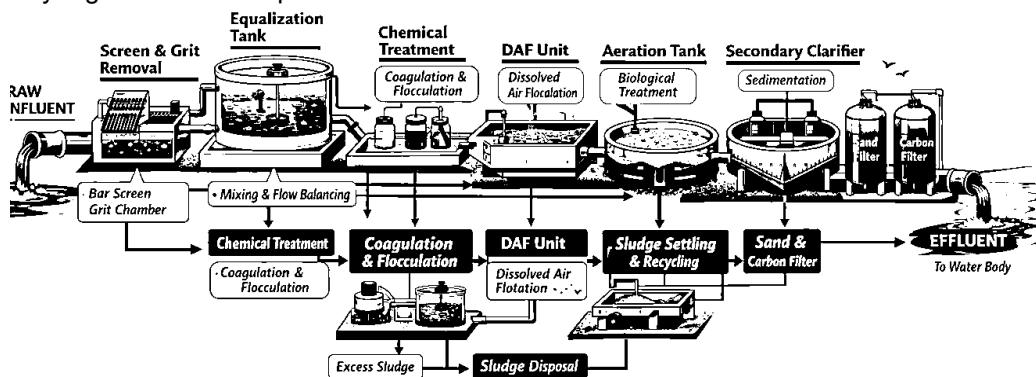
Dengan metode penelitian ini, diharapkan evaluasi yang dilakukan dapat memberikan

gambaran yang komprehensif mengenai kinerja operasional dan pemeliharaan WWTP PT. CC, serta kontribusinya dalam pengendalian pencemaran limbah cair industri susu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Sistem WWTP

Wastewater Treatment Plant (WWTP) PT. CC dirancang untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas industri pengolahan susu, meliputi proses produksi susu UHT, susu kental manis, yogurt, dan es krim. Limbah cair yang dihasilkan memiliki karakteristik pekat dengan kandungan bahan organik tinggi, sehingga memerlukan sistem pengolahan yang terintegrasi dan andal (Rafidah et al., 2025). Sistem WWTP yang diterapkan terdiri atas beberapa tahapan pengolahan utama, yaitu pengolahan fisika, kimia, dan biologi, yang disusun secara berurutan untuk menurunkan beban pencemar secara bertahap. Hal ini merupakan paket pengolahan yang umum disediakan bagi limbah produksi susu (Hidayah et al., 2019).



Gambar 1. Skema WWTP PT CC

Unit pra-pengolahan berfungsi untuk memisahkan material padat kasar yang berpotensi mengganggu proses pengolahan selanjutnya. Tahap ini umumnya mencakup unit screening dan bak equalisasi. Bak equalisasi memiliki peran penting dalam menstabilkan debit dan konsentrasi limbah

cair, sehingga fluktuasi beban pencemar yang masuk ke unit berikutnya dapat dikendalikan. Selanjutnya, limbah cair dialirkan ke unit pengolahan utama yang mencakup proses fisika-kimia dan biologi untuk menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS, minyak, dan

lemak. Gambar 1 memperlihatkan skema pengolahan limbah susu PT. CC.

3.2 Hasil Pemantauan Kualitas Air Limbah

Hasil pemantauan kualitas air limbah menunjukkan bahwa WWTP PT. CC mampu menurunkan konsentrasi parameter pencemar secara signifikan. Parameter utama yang dianalisis meliputi pH, BOD, COD, TSS, serta minyak dan lemak. Nilai pH limbah cair setelah pengolahan berada dalam rentang netral dan sesuai dengan baku mutu lingkungan, yang menunjukkan bahwa proses pengolahan tidak menyebabkan kondisi asam atau basa ekstrem pada effluent.

Penurunan nilai BOD dan COD mencerminkan efektivitas proses biologis dalam menguraikan bahan organik terlarut. Proses biologi yang diterapkan mampu menurunkan beban organik yang berasal dari sisa protein, lemak, dan karbohidrat dalam limbah cair industri susu. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam sistem pengolahan bekerja secara optimal dalam kondisi operasional yang tersedia (Anggraeni et al., 2025). Kondisi ini sejalan dengan karakteristik limbah susu yang bersifat mudah terbiodegradasi, sehingga pengolahan biologis menjadi metode yang paling efektif (Adi Rohmanna et al., 2021). Keberhasilan proses ini juga mengindikasikan bahwa lingkungan reaktor biologis masih berada dalam kondisi yang relatif mendukung aktivitas mikroorganisme.

Parameter TSS mengalami penurunan yang signifikan setelah melalui tahapan pengolahan fisika dan biologi. Filter biologis dapat menyisihkan parameter TSS dalam rangkaian WWTP (Pramita et al., 2019). Proses sedimentasi dan pemisahan padatan tersuspensi berjalan cukup efektif, sehingga konsentrasi TSS pada effluent berada di bawah ambang batas yang ditetapkan.

Penurunan kandungan minyak dan lemak juga menunjukkan bahwa unit oil/fat trap berfungsi dengan baik dalam memisahkan fraksi lemak dari aliran limbah cair.

Secara keseluruhan, hasil pengujian kualitas air limbah menunjukkan bahwa effluent WWTP PT. CC telah memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku. Hal ini mengindikasikan bahwa secara teknis, sistem pengolahan yang diterapkan telah mampu mengendalikan potensi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah cair industri susu.

3.3 Evaluasi Operasional WWTP

Dari hasil observasi operasional, diketahui bahwa pengoperasian WWTP dilakukan secara kontinu dengan pengawasan oleh operator yang bertugas. Kegiatan operasional mencakup pemantauan debit aliran, kondisi unit pengolahan, serta pengendalian parameter proses. Namun demikian, dalam praktiknya masih ditemukan beberapa kendala teknis yang dapat mempengaruhi kinerja sistem.

Salah satu permasalahan teknis yang sering dijumpai adalah penyumbatan pada unit screening akibat masuknya sampah padat seperti kemasan produk reject. Meskipun telah dipasang basket screen, masih terdapat material padat yang lolos dan menumpuk di bak equalisasi. Kondisi ini berpotensi mengganggu aliran limbah dan menurunkan efisiensi pengolahan pada unit berikutnya.

Selain itu, penumpukan sludge pada beberapa unit pengolahan juga menjadi perhatian. Sludge yang tidak dikelola secara optimal dapat mengurangi volume efektif unit pengolahan dan menurunkan kinerja proses biologis. Hal ini menunjukkan perlunya pengelolaan sludge yang lebih terencana, baik dari segi penyimpanan sementara maupun pengangkutan dan pemanfaatannya.

3.4 Evaluasi Pemeliharaan WWTP

Pemeliharaan WWTP di PT. CC telah dilaksanakan dalam bentuk pemeliharaan preventif, korektif, dan inspeksi berkala. Kegiatan pemeliharaan meliputi pemeriksaan kondisi peralatan, penggantian komponen yang rusak, serta perbaikan sistem perpipaan dan kelistrikan. Dukungan sistem manajemen pemeliharaan berbasis SAP membantu dalam pencatatan dan penjadwalan kegiatan pemeliharaan.

Namun, hasil evaluasi menunjukkan bahwa kegiatan pembersihan unit pengolahan belum sepenuhnya terjadwal secara rutin. Pembersihan sering dilakukan berdasarkan kondisi lapangan, yaitu ketika telah terjadi penumpukan kotoran atau gangguan pada unit pengolahan. Pola pemeliharaan seperti ini berpotensi menurunkan efisiensi sistem dalam jangka panjang dan meningkatkan risiko gangguan operasional (Islami & Mirwan, 2026).

Keterbatasan jumlah operator dan teknisi juga menjadi faktor non-teknis yang mempengaruhi efektivitas pemeliharaan. Beban kerja yang tinggi dapat menyebabkan pengawasan terhadap unit pengolahan menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kapasitas sumber daya manusia untuk mendukung keberlanjutan operasional WWTP. Peningkatan jumlah dan kompetensi operator serta teknisi menjadi langkah strategis untuk meningkatkan efektivitas

pengawasan dan pemeliharaan unit pengolahan. Selain itu, penguatan standar operasional prosedur dan disiplin dalam pelaksanaan pemeliharaan rutin sangat diperlukan untuk menjamin keberlanjutan kinerja WWTP.

3.5 Pembahasan Kinerja WWTP

Dari perspektif teknik lingkungan, kinerja WWTP PT. CC dapat dikategorikan baik karena mampu memenuhi baku mutu lingkungan. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa penerapan kombinasi pengolahan fisika, kimia, dan biologi merupakan pendekatan yang tepat untuk limbah cair industri susu. Namun demikian, keberlanjutan kinerja sistem sangat bergantung pada konsistensi operasional dan pemeliharaan.

Permasalahan teknis dan non-teknis yang ditemukan tidak secara langsung menyebabkan kegagalan sistem, namun apabila tidak ditangani secara sistematis, dapat berdampak pada penurunan kinerja pengolahan. Oleh karena itu, evaluasi ini menegaskan bahwa pengelolaan WWTP tidak hanya berfokus pada aspek teknis unit pengolahan, tetapi juga pada manajemen operasional dan pemeliharaan yang berkelanjutan.

3.6 Rekomendasi

Hasil evaluasi menunjukkan adanya beberapa masalah yang terjadi pada pengolahan limbah di PT CC. Tabel 1 memperlihatkan temuan masalah serta rekomendasi solusinya.

Tabel 1. Matriks Evaluasi dan Rekomendasi Pengelolaan WWTP PT. CC

No	Aspek Dievaluasi yang	Temuan Hasil Evaluasi	Dampak Potensial	Rekomendasi	Tujuan Perbaikan
1	Unit Pra-Pengolahan (Screening)	Masih terdapat material padat dan kemasan produk yang masuk ke sistem WWTP	Penyumbatan aliran, penurunan efisiensi unit berikutnya	Penambahan fine screen otomatis dan pemisahan jalur limbah padat produksi	Mencegah gangguan mekanis dan menurunkan beban TSS
2	Tangki Ekualisasi	Fluktuasi debit dan konsentrasi limbah masih terjadi	Shock loading pada unit kimia dan biologis	Pemasangan mixer kontinu dan sensor pH serta debit online	Menstabilkan karakteristik limbah masuk
3	Koagulasi–Flokulasi	Dosis bahan kimia belum selalu berbasis data karakteristik limbah	Pemborosan bahan kimia dan sludge berlebih	Uji jar test berkala dan dosing pump berbasis sensor	Meningkatkan efisiensi penghilangan minyak dan koloid

Evaluasi Kinerja Operasional dan Pemeliharaan WWTP Industri Susu Berdasarkan Parameter Kualitas Effluent dan Manajemen Operasional (Studi Kasus: PT. CC)

No	Aspek yang dievaluasi	Temuan Hasil Evaluasi	Dampak Potensial	Rekomendasi	Tujuan Perbaikan
4	Dissolved Air Flotation (DAF)	Potensi penurunan efisiensi akibat fouling dan nozzle tersumbat	Beban organik tinggi masuk ke proses biologis	Optimalisasi rasio udara dan pembersihan rutin sistem DAF	Menurunkan BOD, COD, minyak dan lemak
5	Proses Biologis (Aerasi)	Kontrol parameter biologis belum dilakukan secara intensif	Ketidastabilan degradasi bahan organik	Monitoring MLSS, DO, F/M ratio, dan penyesuaian HRT–SRT	Meningkatkan kinerja biodegradasi
6	Klarifier	Akumulasi lumpur pada dasar unit	Carry-over TSS ke effluent	Penjadwalan pengurasan lumpur rutin	Menjaga kualitas effluent dan volume efektif unit
7	Pengelolaan Lumpur	Pengeluaran dan pemanfaatan lumpur belum teroptimasi	Penurunan efisiensi unit dan biaya pengelolaan tinggi	Program manajemen lumpur terpadu dan kajian pemanfaatan	Mengurangi residu dan mendukung ekonomi sirkular
8	Pemeliharaan Peralatan	Pemeliharaan cenderung reaktif	Risiko gangguan operasional meningkat	Implementasi pemeliharaan preventif berbasis risiko	Meningkatkan keandalan sistem WWTP
9	Sumber Daya Manusia	Jumlah operator terbatas	Pengawasan unit kurang optimal	Penambahan personel dan pelatihan teknis WWTP	Meningkatkan kontrol operasional
10	Sistem Monitoring	Monitoring masih bersifat manual dan periodik	Respon lambat terhadap gangguan proses	Implementasi SCADA sederhana dan digital logging	Pengambilan keputusan berbasis data
11	Kepatuhan Lingkungan	Pemenuhan baku mutu telah tercapai	Risiko penurunan kinerja jangka panjang	Audit internal dan evaluasi berkala WWTP	Menjaga kepatuhan regulasi
12	Keberlanjutan Sistem	Air olahan belum dimanfaatkan ulang	Konsumsi air baku tinggi	Studi pemanfaatan ulang air olahan (reuse)	Efisiensi sumber daya

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap operasional dan pemeliharaan Wastewater Treatment Plant (WWTP) di PT. CC, dapat disimpulkan bahwa sistem pengolahan limbah cair industri susu yang diterapkan telah mampu berfungsi secara efektif dalam menurunkan beban pencemar dan memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku. Keberhasilan ini merupakan hasil dari penerapan tahapan pengolahan yang terintegrasi, mulai dari pra-pengolahan, pengolahan utama, hingga pengolahan lanjutan.

Karakteristik limbah cair industri susu yang memiliki beban organik tinggi telah ditangani dengan baik melalui proses biologis yang dominan, didukung oleh pengolahan fisika dan kimia. Penurunan parameter BOD, COD, TSS, minyak dan lemak menunjukkan bahwa sistem WWTP mampu mengendalikan potensi pencemaran lingkungan secara signifikan. Hal

ini menegaskan bahwa secara teknis, desain dan konfigurasi unit pengolahan yang diterapkan telah sesuai dengan karakteristik limbah cair yang dihasilkan.

Dari aspek operasional, kegiatan pengoperasian WWTP telah dilakukan secara berkesinambungan dengan pemantauan parameter kualitas air limbah secara rutin. Namun, masih ditemukan beberapa kendala teknis seperti penyumbatan pada unit screening, penumpukan sludge, dan kebocoran pipa yang memerlukan perhatian lebih lanjut.

Dari aspek pemeliharaan, pelaksanaan pemeliharaan preventif dan korektif telah berjalan dengan dukungan sistem manajemen pemeliharaan yang baik. Meskipun demikian, belum optimalnya jadwal pembersihan rutin pada beberapa unit pengolahan menunjukkan perlunya perbaikan dalam perencanaan pemeliharaan. Pemeliharaan yang bersifat reaktif berpotensi meningkatkan risiko

gangguan operasional dan menurunkan efisiensi sistem dalam jangka panjang. Secara non-teknis, keterbatasan jumlah sumber daya manusia menjadi tantangan dalam pengelolaan WWTP.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa keberhasilan pengelolaan limbah cair industri susu tidak hanya ditentukan oleh teknologi pengolahan yang digunakan, tetapi juga oleh konsistensi operasional, kualitas pemeliharaan, dan dukungan manajemen. Evaluasi ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan untuk peningkatan kinerja WWTP PT. CC, serta menjadi referensi bagi industri pengolahan susu lainnya dalam menerapkan pengelolaan limbah cair yang efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Rohmanna, N., Azizah, N., & Hidayat, N. (2021). Teknologi Penanganan Limbah Cair Industri Pengolahan Susu Sapi Secara Biologis: Artikel Review. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 9(2), 121–130. <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2021.009.02.04>
- Anggraeni, Y. F., Yohanani, A., & Joegijantoro, R. (2025). Penurunan BOD dan COD Dengan Metode Pembibitan Bakteri Pada IPAL Aerob Anaerob. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Media Husada*, 14(1), 103–110. <https://ojs.widyagamahusada.ac.id>
- Bahri, S., Rinjani, R. R., & Setiatin, Y. (2013). Potensi Air Limbah Untuk Didaur Ulang Sebagai Air Baku Pertanian (Studi Kasus Beberapa Industri Dan Domestik). *Jurnal Sumber Daya Air*, 9(2), 117–130.
- Hidayah, T. R., Triyanto, B., & Abdullah, S. (2019). Efisiensi Biofilter Aerob Menggunakan Media Botol Susu Fermentasi Dalam Menurunkan Kadar Cod Effluent Biodigester Industri Tahu Kecamatan Cilongok. *Buletin Keslingmas*, 38(4), 305–364.
- Islami, A. N., & Mirwan, M. (2026). Analisis Evaluasi Kualitas Air pada Proses Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Salah Satu Rumah Sakit Wilayah Surabaya Barat. *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 9(1).
- Uhrowiyah, W. M. I., Rizal, R., & Djamali, A. (2021). Strategi Pengembangan Usaha Dan Agroindustri Susu Sapi Perah di Kabupaten Jember. *Jurnal AGRINIKA*, 5(2), 189–198.
- Pramita, A., Eka Dyah Puspita, dan, Studi, P. D., & Pengendalian Pencemaran Lingkungan, T. (2019). Penurunan Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solids (TSS) Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Proses Anaerobik Biofilter. *Journal of Research and Technology*, 5(1), 21–29.
- Prasetyani, Y., & Suryono, S. (2023). Identifikasi dan Pengolahan Limbah Industri Susu pada Sektor Peternakan. *Buletin Peternakan Tropis*, 4(2), 158–165. <https://doi.org/10.31186/bpt.4.2>
- Rafidah, A. N., Firmansyah, I., Pratopo, L. H., & Thoriq, A. (2025). Analisis Sistem Pengelolaan Limbah Industri Susu dan Pemanfaatannya. *Seminar Nasional Sains, Kesehatan, Dan Pembelajaran*, 5, 905–910.
- Zakaria, A., Tanjung, E., Safira, K. F., & Aynuddin, A. (2020). Pengolahan Air Limbah Industri Susu Dengan Sistem Semi Batch Reactor. *Warta Akab*, 44(2).