



ANALISIS PENURUNAN KADAR *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN *TOTAL SUSPENDED SOLIDS* (TSS) PADA UNIT *FOOD CHAIN REACTOR* (FCR) DI PT XYZ

Siti Jumaidah Natasah¹, Wilma Nurrul Adzillah^{1*}, Gita Prajati², Churchill Febrion²

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

²Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kebangsaan Republik Indonesia

E-mail: wilma.nurrul@ft.unsika.ac.id

Informasi Naskah :

Diterima Redaksi:
8 Mei 2026

Revisi Akhir:
22 Juni 2026

Diterbitkan Online:
30 Juni 2026

ABSTRAK : Pertumbuhan industri yang tinggi dicapai oleh kelompok industri makanan dan minuman dapat mempengaruhi beban pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. PT XYZ merupakan salah satu kawasan industri terpadu yang menaungi berbagai jenis kegiatan industri. PT XYZ mengoperasikan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang menggunakan sistem *Food Chain Reactor* (FCR) sebagai salah satu unit utama dalam proses biologis pengolahan limbah. Evaluasi berkala terhadap kinerja unit ini sangat penting untuk memastikan bahwa air limbah hasil olahan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dalam regulasi pemerintah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana sistem FCR dapat menurunkan beban pencemaran organik dan padatan tersuspensi. Hasil akhir penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi TSS selama lima hari pada influen train 1 sebesar 125,4 mg/L dan COD 238,7 mg/L. Sementara itu, pada influen train 3, rata-rata konsentrasi TSS selama lima hari adalah 141 mg/L dan konsentrasi COD 234,554 mg/L. Sedangkan untuk effluen train 1 rata-rata konsentrasi TSS adalah sebesar 90,6 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 27,5%. Rata-rata konsentrasi COD sebesar 178,03 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 25,41%. Sementara itu, pada effluen train 3, rata-rata konsentrasi TSS sebesar 110,4 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 21,7%, sedangkan rata-rata kadar COD sebesar 185,876 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 20,7%.

Kata Kunci: *chemical oxygen demand, total suspended solids, food chain reactor*

ABSTRACT : The high industrial growth achieved by the food and beverage industry can contribute to environmental pollution if not properly managed. PT XYZ is an integrated industrial complex that houses various types of industrial activities. PT XYZ operates a Wastewater Treatment Plant (WWTP) that utilizes a Food Chain Reactor (FCR) system as one of the main units in the biological wastewater treatment process. Periodic evaluation of this unit's performance is crucial to ensure that the treated wastewater meets the quality standards set forth in government regulations. This study aims to determine the extent to which the FCR system can reduce the load of organic pollutants and suspended solids. The final results of the study show that the average TSS concentration over five days in influent train 1 was 125.4 mg/L and COD 238.7 mg/L. Meanwhile, in influent train 3, the average TSS concentration over five days was 141 mg/L and the COD concentration was 234.554 mg/L. As for effluent train 1, the average TSS concentration was 90.6 mg/L with a removal efficiency of 27.5%. The average COD concentration was 178.03 mg/L with a removal efficiency of 25.41%. Meanwhile, in effluent train 3, the average TSS concentration was 110.4 mg/L with a removal efficiency of 21.7%, while the average COD concentration was 185.876 mg/L with a removal efficiency of 20.7%.

Keyword: *chemical oxygen demand, total suspended solids, food chain reactor*

PENDAHULUAN

Dalam era industrialisasi dan urbanisasi yang pesat, pengelolaan air limbah menjadi aspek krusial dalam menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Kawasan industri yang ditetapkan sebagai pusat kegiatan industri, memainkan peran penting dalam mendukung

pertumbuhan ekonomi Indonesia melalui peningkatan investasi dan penciptaan lapangan kerja (Gardana, et al., 2025). Berdasarkan data Kementerian Perindustrian tahun 2017, pertumbuhan industri yang tinggi dicapai oleh kelompok industri makanan dan minuman kemudian disusul dengan kelompok industri dibidang mesin dan perlengkapan. Hal ini dapat mempengaruhi beban

pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Rahmah, 2024).

PT XYZ merupakan salah satu kawasan industri terpadu yang menaungi berbagai jenis kegiatan industri. Dalam rangka meminimalkan dampak lingkungan akibat limbah cair, PT XYZ mengoperasikan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang menggunakan sistem *Food Chain Reactor* (FCR) sebagai salah satu unit utama dalam proses biologis pengolahan limbah. FCR merupakan sistem pengolahan biologis bertingkat yang mengandalkan rantai makanan mikroorganisme untuk menurunkan konsentrasi polutan organik dalam limbah cair secara bertahap dan berkelanjutan (Wikaningrum & Hakiki, 2020).

Efektivitas unit FCR dalam menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) sangat bergantung pada berbagai faktor, seperti karakteristik limbah, waktu tinggal hidrolik, kombinasi komunitas mikroorganisme, dan kondisi operasional lainnya. Oleh karena itu, evaluasi berkala terhadap kinerja unit ini sangat penting untuk memastikan bahwa air limbah hasil olahan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dalam regulasi pemerintah (Gardana, et al., 2025). Melalui kegiatan penelitian ini, dilakukan analisis terhadap penurunan kadar COD dan TSS pada unit FCR di PT XYZ. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana sistem FCR dapat menurunkan beban pencemaran organik dan padatan tersuspensi.

METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan data yang digunakan bertujuan untuk mengumpulkan informasi dan data yang digunakan untuk melakukan analisis. Metode Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yaitu observasi, wawancara, studi literatur, dokumentasi, dan pengujian sampel

Pengambilan dan Pengujian Sampel

Pengambilan sampel pada laporan ini dilakukan pada unit FCR PT XYZ. Pengumpulan data primer ini dilakukan dengan menggunakan metode *grab sampling*, yaitu pengambilan sampel air limbah secara langsung pada titik lokasi dengan waktu tertentu. Sampel air limbah diambil selama lima hari berturut-turut pada pukul 10.00 WIB setiap harinya.

Sampel air limbah yang diambil kemudian dimasukkan kedalam wadah berukuran 100 ml yang sudah dibersihkan yang kemudian akan di bawa ke lab uji untuk dilakukan pengujian. Pengujian parameter COD mengacu pada SNI yang berlaku, yakni metode refluks tertutup spektrofotometri berdasarkan SNI 6989.2:2019 sedangkan pengujian TSS

dilakukan menggunakan uji spektrofotometri dengan menggunakan alat spektrofotometer.

Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data ini mencakup perhitungan efisiensi pengolahan pada unit FCR dari parameter COD dan TSS. Pengolahan data dilakukan untuk menilai efisiensi unit FCR dalam menurunkan kadar pencemar air limbah di PT XYZ. Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar efisiensi unit FCR dalam menurunkan kadar pencemar dari air limbah yang diolah ditunjukkan pada persamaan berikut

Efektivitas Penyisihan COD (%)

$$= \left(\frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \right) \times 100\%$$

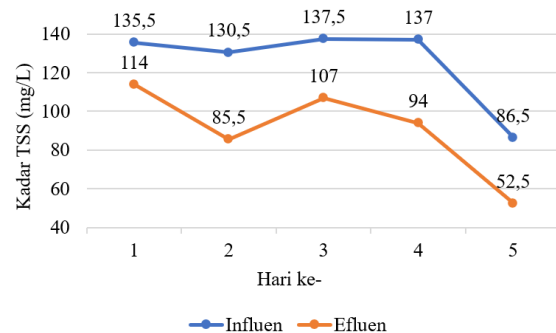
Efektivitas Penyisihan TSS (%)

$$= \left(\frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \right) \times 100\%$$

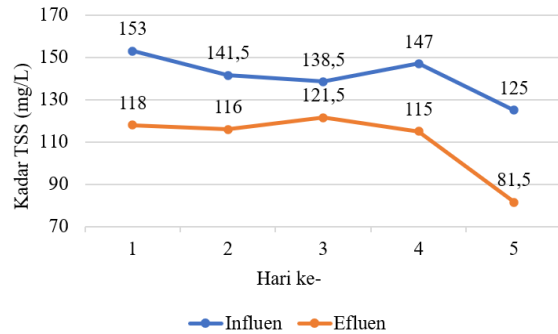
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penurunan Kadar TSS Pada Unit FCR

Pengambilan sampel dilakukan selama lima hari dengan waktu pengambilan yang sama yakni pada pukul 10.00 WIB. Pengambilan sampel influen dilakukan di koordinat 6°17'53.47" LS dan 107°5'57.16" BT sedangkan untuk pengambilan sampel effluen diambil pada 2 titik yakni pada koordinat 6°17'53.84" LS dan 107°5'57.50" BT dan koordinat 6°17'53.47" LS dan 107°5'57.16" BT. Grafik penurunan TSS pada train 1 dan train 3 ditunjukkan pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1 Grafik Penurunan TSS Pada Train 1



Gambar 2 Grafik Penurunan TSS Pada Train 3

Gambar 1 dan **Gambar 2** menunjukkan nilai konsentrasi TSS pada train 1 dan train 3 selama lima hari pengamatan, baik pada influen maupun efluen. Secara umum, terlihat bahwa konsentrasi TSS pada limbah yang masuk pada hari pertama hingga hari kelima masih berada di bawah baku mutu PerMen LH No.3 Tahun 2010, kecuali pada hari pertama di train 3.

Pada train 1, konsentrasi TSS pada influen memiliki nilai rata-rata sebesar 125,4 mg/L, sedangkan pada efluen memiliki rata-rata sebesar 90,6 mg/L. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai efisiensi penurunan TSS pada train 1 sebesar 27,5%. Pada train 3, konsentrasi TSS pada influen memiliki nilai rata-rata sebesar 141 mg/L, sedangkan pada efluen memiliki rata-rata sebesar 110,4 mg/L. Setelah dilakukan perhitungan, nilai efisiensi penurunan TSS pada train 1 sebesar 21,7%.

Diketahui bahwa pada efisiensi pengolahan untuk indikator TSS, kemampuan dari proses pengolahan pada unit FCR terlihat belum efektif dalam mengurangi kadar TSS yang terkandung di dalam limbah. Apabila mengacu pada standar efisiensi removal Qasim (Shobriyah, et al., 2022) dengan nilai efisiensi removal indikator TSS sebesar 80% - 90% pada proses pengolahan IPAL, hasil rata-rata efisiensi pengolahan indikator TSS pada unit FCR belum sesuai dengan standar yang ada, yaitu sebesar 27,5% dan 21,7%.

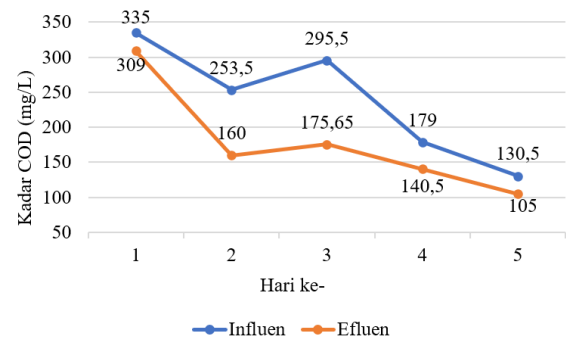
Perbedaan konsentrasi TSS setiap hari pada influen dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, adanya kualitas air limbah influen yang fluktuatif yang dipengaruhi oleh aktivitas buangan produksi yang tidak stabil. Aktivitas produksi di industri bisa berbeda baik dari segi intensitas, jenis produk yang diolah, maupun proses yang dijalankan. Hal ini dapat menyebabkan terjadi nya fluktuasi (Yong Zhang, et al., 2022). Pada hari tertentu juga, industri melakukan pencucian atau pembersihan tangki, pipa, dan alat produksi. Proses ini seringkali melepaskan sisa bahan baku, atau kerak yang sebelumnya melekat pada peralatan ke dalam sistem pembuangan. Akibatnya, dapat terjadi peningkatan konsentrasi TSS.

Adanya biomassa yang mati juga dapat mempengaruhi konsentrasi TSS pada air limbah. Biomassa yang mati terdiri dari sel mikroorganisme yang sudah tidak aktif akibat kehabisan nutrisi, kekurangan oksigen atau terkena paparan zat kontaminan yang tinggi. Pada saat bakteri mati, bakteri tidak dapat terurai secara biologis lebih lanjut sehingga biomassa ini akan menumpuk dan menambah beban TSS dalam air limbah. (Ali & Samanhudi, 2023).

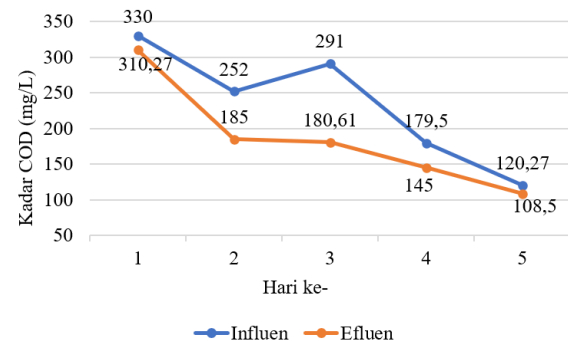
Faktor hujan dapat memengaruhi kinerja unit FCR. FCR merupakan unit dengan kondisi sistem terbuka, sehingga saat hujan turun, air limbah akan secara langsung bercampur dengan air hujan yang dapat menyebabkan volume air limbah meningkat sehingga unit FCR dapat mengalami *overload* dan pengenceran. Adanya hujan dapat mempengaruhi proses kestabilan flok mikroorganisme di FCR sehingga dapat menyebabkan flok terpecah dan partikel halus ikut terbawa menuju efluen (Munasinghe, 1997).

Penurunan kadar COD pada unit FCR

Pengambilan data COD dilakukan selama lima hari dengan waktu pengambilan sampel yang sama yakni pada pukul 10.00 WIB. Tabel nilai konsentrasi COD pada masing-masing train dapat dilihat pada lampiran H. Grafik penurunan COD pada train 1 dan train 3 ditunjukkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



Gambar 3 Grafik Penurunan COD Pada Train 1



Gambar 4 Grafik Penurunan COD Pada Train 3

Gambar 3 dan **Gambar 4** menunjukkan perubahan kadar COD pada train 1 dan 3 selama lima hari pengamatan, baik pada air influen maupun efluen. Konsentrasi COD pada influen masih berada di atas baku mutu PerMen LH No. 3 Tahun 2010. Tingginya nilai COD pada influen disebabkan oleh kandungan senyawa organik dan anorganik yang dapat teroksidasi dalam jumlah tinggi di dalam air limbah hasil dari berbagai proses industri.

Pada train 1, konsentrasi COD pada influen memiliki nilai rata-rata sebesar 238,7 mg/L. sedangkan pada efluen memiliki rata-rata sebesar 90,6 mg/L. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai efisiensi penurunan COD pada train 1 sebesar 25,41%. Pada train 3, konsentrasi COD pada influen memiliki nilai rata-rata sebesar 234,554 mg/L sedangkan pada efluen memiliki rata-rata sebesar 185,876 mg/L. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai efisiensi penurunan COD pada train 3 sebesar 20,7%.

Diketahui bahwa pada efisiensi pengolahan untuk indikator COD kemampuan dari proses pengolahannya belum efektif dalam mengurangi kadar COD yang terkandung di dalam limbah cair. Apabila mengacu pada standar efisiensi removal Qasim (Shobriyah, et al., 2022) dengan nilai efisiensi removal indikator COD sebesar 80% - 85% pada proses pengolahan IPAL, hasil rata-rata efisiensi pengolahan indikator COD pada unit FCR belum sesuai standar yang ada, yaitu sebesar 25,41% dan 20,7%.

Penurunan konsentrasi COD dari influen menuju efluen disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan beban organik yang terkandung dalam air limbah. Adanya mikroorganisme seperti rhizosfer dapat mendegradasi senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga mudah diserap oleh akar tanaman untuk proses metabolisme (Kholif & Nezarudin, 2023). Keberadaan sistem aerasi juga penting karena dapat menyediakan oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk melakukan proses biodegradasi. Mikroorganisme tersebut akan tumbuh dan membentuk biofilm yang menempel pada permukaan media, sehingga proses penguraian zat organik dapat berlangsung secara efektif (Suwondo & Amethys, 2016).

Perbedaan konsentrasi COD setiap hari pada influen dapat disebabkan oleh beberapa faktor yakni beban limbah yang masuk. Beban limbah industri atau polutan yang masuk terlalu tinggi dapat menyebabkan IPAL tidak bekerja secara optimum. Perubahan aktivitas produksi atau jenis bahan yang dibuang setiap harinya akan mempengaruhi konsentrasi bahan organik dalam limbah, sehingga menyebabkan konsentrasi COD influen naik atau turun (Andrianto & Novembrianto, 2024).

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, ditemukan bahwa terdapat beberapa perusahaan yang membuang limbah cair produksinya tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Aktivitas pembuangan ini umumnya dilakukan pada malam hari, di luar jam operasional normal, sehingga menyulitkan pengawasan secara langsung. Kondisi ini berpotensi menimbulkan lonjakan beban pencemar secara tiba-tiba.

Kinerja mikroorganisme dalam FCR juga berperan penting. Beban organik yang masuk ke dalam unit FCR akan menentukan seberapa besar aktivitas mikroba. Apabila terjadi lonjakan beban organik secara tiba-tiba, mikroorganisme dapat mengalami stres akibat kebutuhan oksigen yang meningkat, sedangkan ketersediaan oksigen terlarut (DO) dalam sistem terbatas. Dalam kondisi ini, flok mikroba (kumpulan mikroorganisme dan padatan tersuspensi) cenderung tidak terbentuk sempurna atau menjadi rapuh (Abdulgader, et al., 2023).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan:

1. Konsentrasi TSS dan COD pada unit FCR bervariasi setiap harinya, namun secara rata-rata terjadi penurunan dari influen menuju efluen FCR. Pada influen train 1, rata-rata konsentrasi TSS selama lima hari adalah sebesar 125,4 mg/L, sedangkan rata-rata konsentrasi COD sebesar 238,7 mg/L. Sementara itu, pada influen train 3, rata-rata konsentrasi TSS selama lima hari adalah 141 mg/L dan rata-rata konsentrasi COD sebesar 234,554 mg/L.
2. Rata-rata konsentrasi TSS pada efluen train 1 adalah sebesar 90,6 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 27,5% sedangkan rata-rata konsentrasi COD sebesar 178,03 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 25,41%. Sementara itu, pada efluen train 3, rata-rata konsentrasi TSS sebesar 110,4 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 21,7%, sedangkan rata-rata kadar COD sebesar 185,876 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 20,7%.
3. Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kadar konsentrasi COD dan TSS yaitu beban limbah yang masuk dan aktivitas mikroorganisme.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulgader, M., Yu, J. & Williams, P. (2023). Effect of Different Operational Conditions on the Treatment Performance of Milk Processing Wastewater (MPW) Using a Single Stage Flexible Fibre Biofilm Reactor (SS-FFBR). *Membranes*, 13(37), pp. 1-17.
- Andrianto, A. & Novembrianto, R. (2024). Pengaruh Kinerja Unit Prasedimentasi dan Clarifier Dalam Menurunkan COD dan TSS Pada Pengolahan Air

- Limbah Komunal. *Jurnal Teslink : Teknik Sipil dan Lingkungan* ISSN 2715-6141 (print) | 2715-4831 (online) 263, 6(2), pp. 263-272.
- Gardana, R., Mikhael, M., Maulidiany, N. D. & Wandu, A. (2025). Effect of Hydraulic Retention Time on Food Chain Reactor (FCR) Performance in Industrial Wastewater Treatment. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, pp. 3165-3180.
- Munasinghe, R. (1997). *Effect of Hydraulic Retention Time On Landfill Leachate and Gas Characteristic*. Kanada: University of British Columbia.
- Rahmah, R. R. S. (2024). Efektivitas Tanaman Eichhornia crassipes Dalam Menurunkan Kadar Biochemical Oxygen Demand dan Total Suspended Solids Pada Limbah Cair Industri Tahu Kelurahan Sialang. *Jurnal Kesehatan Bertuah Indonesia*, pp. 40-50.
- Shobriyah, H. H., Afrianisa, R. D. & Prasemetyawati, T. N. (2022). Efisiensi Penurunan Nilai BOD, COD, dan TSS oleh Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Indah Kiat Pulp And Paper Tbk Tangerang Mill. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(3), pp. 313-320.
- Suwondo, W. S. & Amethys, R. F. (2016). Analisis Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit dengan Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob Sebagai Potensi Rancangan Lembar Kerja Siswa Biologi SMK. *Jurnal Biogenesis*, 13(1), pp. 123-130.
- Wikaningrum, T. & Hakiki, R. (2020). Reduksi Energi Pengolahan Air Limbah di Kawasan Industri Dengan Implementasi Teknologi Food Chain Reactor (Studi Kasus : Kawasan Industri Jababeka Bekasi). *Serambi Engineering*, pp. 1146-1154.