



Analisis Efisiensi Kinerja Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi PT. X

Kevin Leonardo Sulistiyono¹, Wahyu Ugroseno^{1*}

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi: wahyu_ugroseno.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 17-12-2025
Disetujui: 24-12-2025
Diterbitkan: 30-3-2026

Kata Kunci: Instalasi Pengolahan Air Limbah, Industri Farmasi, Efisiensi Removal

ABSTRAK

Semakin bertambahnya tahun semakin besar pula jumlah produksi pada suatu industri. Dengan begitu limbah yang dihasilkan juga semakin bertambah sehingga Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Farmasi milik PT. X diperlukan analisis efisiensi pengolahan selama periode Januari hingga Desember Tahun 2024. Metode yang digunakan dilakukan secara kuantitatif dengan analisis deskriptif dilakukan dengan cara membandingkan konsentrasi parameter pencemar sebelum dan sesudah pengolahan untuk menghitung tingkat efisiensi penyisihan parameter pencemar. Unit pada Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. X meliputi beberapa unit yaitu unit *Oil and Scum Separation and Collection*, unit *Equalization and Neutralization*, Unit *Aeration Tank*, Unit *Clarifier Tank*, Unit *Break Tank*, Unit *Filtration*, Unit *Final Tank*, Unit *Sludge Collection and Stabilization*, dan Unit *Filter Press*. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan efisiensi pada sebagian besar parameter terutama pada parameter BOD₅, COD, NH₃-N, dan Total Coliform. Sedangkan pada parameter TSS dan Minyak dan Lemak mengalami penurunan efisiensi akibat masalah operasional seperti *sludge bulking* dan adanya penyumbatan unit. Namun, secara keseluruhan IPAL PT. X mampu memenuhi baku mutu lingkungan dan menunjukkan nilai efektivitas tinggi dalam meremoval parameter pencemaran air limbah dengan nilai efektivitas yang berbeda pada parameter BOD₅ 83,9%, COD 80,08%, TSS 94,97%, NH₃-N 98,02%, Minyak dan Lemak 57,39% dan Total Coliform 90,87%. Untuk memastikan IPAL dapat beroperasi secara optimal diperlukan adanya peningkatan pengawasan dan perawatan pada seluruh unit untuk selalu memastikan air limbah yang dihasilkan telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

Received: 17-12-2025
Accepted: 24-12-2025
Published: 30-3-2026

Keywords:
Wastewater Treatment Plant,
Pharmaceutical Industry, Removal
Efficiency,

ABSTRACT

As the years go by, the amount of production in an industry increases. As a result, the amount of waste produced also increases, so that the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of the pharmaceutical industry is owned by PT. X an analysis of processing efficiency is required during the period from January to December 2024. The method used is quantitative with descriptive analysis, comparing the concentration of pollutant parameters before and after treatment to calculate the removal efficiency of these pollutants. The WWTP at PT. X consists of several units, including the Oil and Scum Separation and Collection unit, Equalization and Neutralization unit, Aeration Tank unit, Clarifier Tank unit, Break Tank unit, Filtration unit, Final Tank unit, Sludge Collection and Stabilization unit, and Filter Press unit. The results show an increase in efficiency for most parameters, especially BOD₅, COD, NH₃-N, and Total Coliform. However, parameters such as TSS and Oil and Grease experienced a decrease in efficiency due to operational issues like sludge bulking and unit blockages. Overall, the WWTP at PT. X meets environmental quality standards and demonstrates high effectiveness in removing wastewater pollutants with different effectiveness values on parameters BOD₅ 83,9%, COD 80,08%, TSS 94,97%, NH₃-N 98,02%, Oil and Grease 57,39% and Total Coliform 90,87%. To ensure optimal operation, enhanced supervision and maintenance of all units are necessary to consistently meet the established quality standards.

1. PENDAHULUAN

Industri merupakan sektor yang memiliki kontribusi dalam memajukan perekonomian Indonesia (Fitri et al., 2025). Salah satu aktivitas pembangunan di Indonesia yang sampai saat ini menjadi prioritas adalah industri farmasi (Ruskar et al., 2024). Industri Farmasi adalah industri yang bergerak dibidang produksi obat – obatan dan penyediaan alat kesehatan (Listyowati et al., 2023). Konsumsi obat - obatan di dunia semakin meningkat seiring bertambahnya populasi dan kasus penyakit kronis yang juga semakin meluas (Kusturica et al., 2022). Akibatnya, produksi dan pembuangan obat turut meningkat dengan seiring berjalannya waktu (Wahyudi et al., 2025).

Indonesia dengan jumlah penduduk yang besar memiliki ratusan perusahaan industri farmasi, salah satu industri farmasi di Indonesia yaitu, PT. X. Produk farmasi yang dihasilkan oleh PT. X lebih dari 300 lebih produk obat - obatan mulai dari obat - obatan kapsul, sirup, herbal, dan sebagainya. Selama berjalannya kegiatan produksi pasti akan menghasilkan produk samping berupa limbah cair yang mengandung zat berbahaya dan polutan. Limbah cair merupakan suatu sisa atau buangan dari aktivitas manusia ataupun kegiatan perindustrian berbentuk cair yang tersuspensi maupun terlarut dalam air (Ekoputri et al., 2023). Semakin banyak bahan baku yang dikenakan, maka akan semakin banyak juga limbah cair yang dihasilkan (Ramadhanti et al., 2019). Air limbah farmasi adalah jenis limbah yang masuk dalam kategori *pharmaceuticals and personal care products* (PPCPs). Kondisi ini disebabkan oleh proses pengembangan obat dan formulasi (Ardhianto et al., 2025). Limbah cair industri farmasi PT. X dihasilkan dari kegiatan produksi dan kegiatan domestik seperti kantin, toilet, dll (Nabila & Mirwan, 2023). Limbah cair memiliki dampak yang cukup besar terhadap lingkungan karena mengandung bahan organik dan senyawa asam yang berbahaya. Apabila limbah tersebut langsung dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan yang tepat akan berpotensi menurunkan kandungan oksigen terlarut di perairan, dapat mencemari lingkungan apabila mengandung parameter yang melebihi baku mutu sehingga dapat dikenakan sanksi (Alfina & Cerlyawati, 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu pada Instalasi Pengolahan Air Limbah agar ketika limbah cair yang dihasilkan PT. X dibuang ke lingkungan dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

2. METODE

Metode yang digunakan pada kajian ini menggunakan metode kuantitatif dengan analisis deskriptif untuk menganalisis efisiensi pengolahan limbah cair industri farmasi PT. X pada Bulan Januari 2024 - Desember 2024. Data yang digunakan berasal dari data primer PT. X. Berdasarkan data yang didapatkan dilakukan dengan perhitungan sederhana untuk menghitung efisiensi kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah dalam mengolah limbah dengan membandingkan persen removal berdasarkan parameter pada semester I dan semester II.

Untuk mengetahui nilai efisiensi pada pengolahan limbah cair industri farmasi PT. X dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi Pengolahan (\%)} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

C_{in} : Konsentrasi pencemar di Inlet

C_{out} : Konsentrasi pencemar di Outlet

Kriteria efisiensi kinerja pengolahan limbah cair PT. X dapat dilihat dari nilai persentase efisiensi dengan keterangan sebagai berikut (Harmayanti, 2025) :

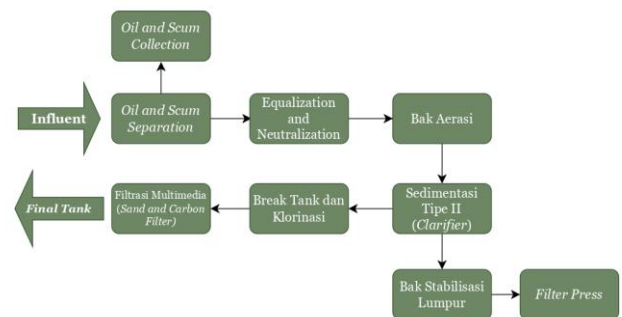
Tabel 1. Kriteria Efisiensi Pengolahan Limbah Cair

No	Rentang Persentase Efisiensi	Keterangan
1	$X > 80\%$	Sangat Efektif (SE)
2	$60\% < X \leq 80\%$	Efektif (E)
3	$40\% < X \leq 60\%$	Cukup Efektif (CE)
4	$20\% < X \leq 60\%$	Kurang Efektif (KE)
5	$X \leq 20\%$	Tidak Efektif (TE)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi PT. X

Instalasi Pengolahan Air Limbah pada PT. X memiliki kapasitas pengolahan sebesar 270 m³/hari dengan jenis limbah yang diolah adalah limbah campuran dari proses produksi dan limbah cair domestik. Tahapan alur proses pengolahan air limbah pada instalasi pengolahan air limbah PT. X dijelaskan pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Air Limbah PT. X

- Unit *Oil and Scum Separation and Collection*
Unit pengolahan air limbah *oil and scum separation and collection* merupakan suatu unit yang berfungsi untuk memisahkan dan mengumpulkan minyak (*oil*) dan lapisan lemak atau kotoran yang mengapung (*scum*) dari air limbah sebelum masuk ke pengolahan selanjutnya. Unit ini penting digunakan untuk mengurangi beban pencemaran parameter minyak dan lemak (Azhari et al., 2025).
- Unit *Equalization and Neutralization*
Unit *equalization and neutralization* unit ini berfungsi mengumpulkan dan mengontrol fluktuasi dari karakteristik air limbah (Srinarwati et al., 2024). Hal ini bertujuan untuk memberikan kondisi optimum pada

proses pengolahan selanjutnya. Sedangkan *neutralization* bertujuan untuk menetralkan pH. Hal ini bermaksud agar pada proses biologis limbah menjadi lebih stabil.

c. *Unit Aeration Tank*

Unit aeration tank merupakan proses yang biasa disebut pengolahan air limbah lumpur aktif dengan bantuan mikroorganisme (Febianto & Novembrianto, 2024). Untuk mengurangi bahan - bahan organik. Sistem pengolahan ini menggunakan bakteri aerob yang dibiakan dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk menurunkan organik karbon dan organik nitrogen.

d. *Unit Clarifier Tank*

Unit ini digunakan untuk menyisihkan sejumlah partikel halus yang akan menghasilkan liquid yang jernih dan terbebas dari partikel solid (Fikri, 2021). Selain itu unit ini berfungsi dalam mengendapkan lumpur setelah proses biologis, biasanya digunakan apabila terdapat lumpur aktif.

e. *Unit Break Tank*

Unit break tank merupakan bak penampung sementara dalam sistem IPAL yang berfungsi untuk menampung air limbah hasil pengolahan sebelum dialirkan ke proses atau unit pengolahan selanjutnya. *Break tank* juga digunakan untuk mengontrol debit air limbah agar aliran air menjadi stabil sehingga proses pengolahan berjalan efektif dan mencegah limpahan air limbah.

f. *Unit Filtration*

Filtration merupakan proses penyaringan untuk menyisihkan partikel tersuspensi (Pratiwi Sinurat et al., 2024). Proses penyaringan zat padat tersuspensi memiliki peran penting dalam instalasi pengolahan air. Bahan yang digunakan sebagai media saringan adalah pasir yang memiliki sifat penyaringan yang baik dan tahan lama dipakai serta bebas dari kotoran dan tidak larut dalam air (Rohim, 2020).

g. *Unit Final Tank*

Unit final tank merupakan bak yang berfungsi untuk menampung air pada tahap akhir pengolahan limbah dimana air tersebut telah melalui seluruh rangkaian proses pengolahan, pada unit ini air limbah harus dapat dipastikan bahwa kualitasnya sudah memenuhi standar baku mutu dan aman untuk dibuang ke lingkungan (Perjuangan et al., 2024).

h. *Unit Sludge Collection and Stabilization*

Unit sludge collection and stabilization merupakan unit yang digunakan untuk menampung lumpur yang secara bersamaan menstabilisasi lumpur. Fungsi utama dari unit ini adalah untuk mengurangi volume lumpur melalui proses pengentalan dan pengeringan agar lebih mudah dalam penanganan dan pembuangan (Irawan, 2023).

i. *Unit Filter Press*

Filter press adalah proses pengolahan lumpur dengan metode plate frame (Nuryoto, 2023). Unit filter press merupakan unit yang digunakan untuk menghilangkan air pada *sludge* guna menghasilkan limbah padatan.

3.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Farmasi PT. X

Limbah cair industri farmasi PT. X dihasilkan dari kegiatan produksi dan kegiatan domestik. Limbah produksi merupakan limbah yang dihasilkan dari seluruh kegiatan proses

pembuatan obat dari pengolahan awal hingga menjadi obat jadi. Sedangkan limbah cair domestik adalah limbah bahan sisa yang dihasilkan dari aktivitas manusia sehari - hari. Bahan sisa yang dimaksud berupa air yang telah digunakan yang berasal dari buangan kamar mandi, tempat cuci atau tempat memasak (Saputra et al., 2023). Limbah cair tersebut mengandung parameter - parameter pencemar yang memiliki sifat fisik, kimia, biologi. Sifat fisik limbah cair salah satunya adalah Total Padatan Tersuspensi (TSS) adalah padatan dalam air termasuk partikel tanah, alga, plankton, dan zat lainnya dengan ukuran berkisar antara 0.004 mm sampai 1.0 mm. TSS akan meningkatkan kekeruhan yang akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan (Kamajaya et al., 2021). Kemudian terdapat sifat kimia limbah cair yang ditentukan beberapa parameter kimiawi diantaranya ; pH (*Potential of Hydrogen*) adalah ukuran keasaman atau kebasaaan dalam air yang mengacu pada konsentrasi ion hidrogen dalam larutan air (Hapsari et al., 2024). BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik (Aji & Mahayana, 2023). COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi komponen bahan organik yang sulit terurai dengan oksidator kimia (Saputri et al., 2023). Minyak dan lemak merupakan salah satu parameter yang konsentrasi maksimumnya dipersyaratkan untuk air limbah industri (Ulvi & Harmawan, 2022). Minyak dan lemak merupakan parameter yang mirip, minyak dan lemak merupakan bahan ester dari alkohol atau gliserol dengan asam lemak. Nitrogen ammonia merupakan total ammonia yang terukur di perairan. Kemudian terdapat sifat biologi limbah cair ditentukan berdasarkan jenis mikroorganisme yang terdapat pada air limbah salah satunya adalah bakteri *coliform*. Bakteri *Coliform* adalah bakteri gram negatif yang mampu memfermentasi laktosa serta membentuk asam dan gas pada suhu 37 °C. Contoh bakteri *coliform* antara lain *E. coli* (Mulyati et al., 2022).

3.3 Baku Mutu Limbah Cair Industri Farmasi PT. X

Baku mutu air limbah merupakan batas kadar pencemar yang ditenggang keberadaannya pada air limbah yang akan dibuang oleh suatu kegiatan ke perairan maupun ke tanah. Baku mutu air limbah dikenakan sebagai acuan dalam proses pengolahan air limbah oleh suatu instansi sebelum dibuang ke lingkungan.

Baku mutu air limbah industri farmasi PT. X telah diatur pada Persetujuan Teknis Baku Mutu Air Limbah Milik PT. X dimana persetujuan teknis ini mengatur parameter air limbah campuran yakni terdiri dari atas limbah cair industri farmasi dan limbah cair domestik. Berdasarkan dokumen persetujuan teknis tersebut maka perlu dilakukan pengelolaan limbah cair pada skala industri.

3.4 Analisis Kualitas dan Efisiensi Limbah Cair PT. X

Pengujian pada inlet dan outlet air limbah dilakukan untuk menilai efisiensi pengolahan limbah cair dalam mendegradasi beban pencemar yang dilakukan dengan cara membandingkan kualitas air limbah sebelum dan sesudah proses pengolahan. Pengujian pada inlet pengolahan air limbah di PT. X dilakukan enam bulan sekali. Namun, berbeda dengan pengujian pada

outlet pengolahan air limbah di PT. X dilakukan setiap satu bulan sekali, dikarenakan pada outlet memerlukan pengawasan yang ketat untuk memastikan kepatuhan terhadap baku mutu sehingga ketika dibuang ke lingkungan dapat dikatakan aman.

Tabel 2. Hasil Uji Limbah Cair Pada Inlet dan Outlet PT. X

Hasil Uji Inlet dan Outlet Pengolahan Air Limbah Industri Farmasi PT. X Januari 2024 - Juni 2024 (Semester I)					
No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Inlet	Outlet
1	BOD ₅	mg/L	53,8	121	22,82
2	COD	mg/L	126,4	194	43,38
3	TSS	mg/L	53,8	57	1,70
4	NH ₃ - N	mg/L	10	13,9	0,34
5	Minyak dan Lemak	mg/L	5	5,81	1,53
6	Total Coliform	MPN/100 mL	3000	11000	2
7	pH	-	6 - 9	7,97	7,77

(Sumber : Pengolahan Data, 2025)

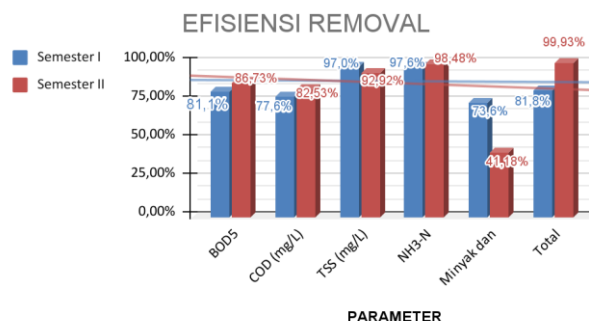
Tabel 3. Hasil Uji Limbah Cair Pada Inlet dan Outlet PT. X

Hasil Uji Inlet dan Outlet Pengolahan Air Limbah Industri Farmasi PT. X Juli 2024 - Desember 2024 (Semester II)					
No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Inlet	Outlet
1	BOD ₅	mg/L	53,8	93,5	12,41
2	COD	mg/L	126,4	130	22,72
3	TSS	mg/L	53,8	32	2,27
4	NH ₃ - N	mg/L	10	18,1	0,28
5	Minyak dan Lemak	mg/L	5	1,7	1
6	Total Coliform	MPN/100 mL	3000	2900	2
7	pH	-	6 - 9	6,89	7,56

(Sumber : Pengolahan Data, 2025)

Berdasarkan data pada **Tabel 2** dan **3** menunjukkan bahwa terdapat beberapa konsentrasi parameter pada inlet semester I dan II masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Parameter pH pada inlet semester I dan semester II telah memenuhi baku mutu, begitupun pada parameter minyak dan lemak pada inlet semester 2 telah memenuhi baku mutu yaitu 1,7 mg/L. Namun, untuk beberapa parameter pada inlet yang belum memenuhi baku mutu diantaranya BOD₅, COD, TSS, NH₃-N dan Total Coliform. Namun hal tersebut bukan menjadi suatu permasalahan dikarenakan pada inlet belum terjadi proses pengolahan atau penurunan beban pencemar. Efisiensi penyisihan air limbah pada instalasi pengolahan air

limbah PT. X menggunakan data semester I dan II pada tahun 2024.



Gambar 1. Grafik Efisiensi Penyisihan Parameter

Berdasarkan data pada **Gambar 1** diperoleh persentase yang dimana ini dapat menunjukkan efisiensi suatu Instalasi Pengolahan Air Limbah dalam mendegradasi beban pencemar. Pada pengolahan air limbah PT. X dapat dikatakan sangat efisien dalam mendegradasi beban pencemar dari semester I dan semester II. Parameter BOD₅ pada semester I sebesar 81,1% dan pada semester II sebesar 86,73% yang dimana pada semester II terdapat peningkatan efisiensi penyisihan jika dari rata - rata penyisihan BOD₅ didapatkan persen removal sebesar 83,9% yang dapat dikatakan sangat efektif dalam penyisihan parameter BOD₅. Parameter COD pada semester I sebesar 77,6% dan pada semester II sebesar 82,53% hal ini menunjukkan peningkatan efisiensi penyisihan pada parameter COD jika dari rata - rata penyisihan COD didapatkan persen removal sebesar 80,08% yang dapat dikatakan sangat efektif dalam penyisihan parameter COD. Parameter TSS pada semester I sebesar 97% dan pada semester II terjadi penurunan efisiensi sebesar 92,92% hal ini dapat disebabkan pada unit *aeration tank* dan *clarifier tank* yang mengalami permasalahan seperti *sludge bulking* yang dapat mengganggu efisiensi penurunan TSS, namun jika dari rata - rata penyisihan TSS didapatkan persen removal sebesar 94,97% yang dapat dikatakan sangat efektif dalam penyisihan parameter TSS.

Pada parameter NH₃ - N pada semester I sebesar 97,6% dan pada semester II terjadi peningkatan efisiensi penyisihan sebesar 98,48% jika dari rata - rata penyisihan NH₃ - N didapatkan persen removal sebesar 98,02% yang dapat dikatakan sangat efektif dalam penyisihan parameter NH₃ - N. Parameter Minyak dan Lemak pada semester I sebesar 73,6% dan pada semester II terjadi penurunan yang cukup signifikan sebesar 41,18% hal ini dapat disebabkan terjadinya penyumbatan pada unit *oil and scum collection* karena frekuensi pengurusan manual yang tidak dilakukan dengan rutin jika dari rata - rata penyisihan Minyak dan Lemak didapatkan persen removal sebesar 57,39% yang dapat dikatakan efektif dalam penyisihan parameter Minyak dan Lemak. Kemudian pada parameter akhir yaitu Total Coliform pada semester I sebesar 81,8% dan pada semester II terjadi peningkatan sebesar 99,93% jika dari rata - rata penyisihan Total Coliform didapatkan persen removal sebesar 90,87% yang dapat dikatakan sangat efektif dalam penyisihan parameter Total Coliform.

4. SIMPULAN

Instalasi Pengolahan Air Limbah pada industri farmasi PT. X dalam mendegradasi beban pencemar dapat disimpulkan sangat efektif dikarenakan telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil efisiensi penyisihan setiap parameter pada semester I menurunkan kadar BOD sebesar 81,1%, kadar COD sebesar 77,6%, kadar TSS sebesar 97%, kadar NH₃ - N sebesar 97,6%, kadar Minyak dan Lemak sebesar 73,6%, kadar Total Coliform sebesar 81,8%. Kemudian pada hasil efisiensi penyisihan setiap parameter pada semester II menurunkan kadar BOD sebesar 86,73%, kadar COD sebesar 82,53%, kadar TSS sebesar 92,92%, kadar NH₃ - N sebesar 98,48%, kadar Minyak dan Lemak sebesar 41,18%, kadar Total Coliform sebesar 99,93%.

DAFTAR PUSTAKA

Aji, A. P., & Mahayana, A. (2023). ANALISIS BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND (BOD) DAN BAKTERI FECAL COLIFORM PADA AIR SUNGAI NGRINGO KABUPATEN KARANGANYAR. *JURNAL KIMIA DAN REKAYASA*, 3.

Alfina, A., & Cerlyawati, H. (2023). Studi Kasus Efektivitas Aerasi Pada Metode Filtrasi Pada Limbah Cair Tahu di Desa Jatisari Kecamatan Ungaran Timur. *VisiKes Jurnal Kesehatan*, 2.

Ardhianto, R., Hadiyanto, & Hermawan, F. (2025). Sistem Pengolahan Air Limbah Hybrid (Koagulasi, Moving Bed Biofilm Reactor, Elektrokoagulasi dan Ultrafiltrasi) dalam Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah Industri Farmasi Berbasis Non-Beta-Laktamase. *JPII*, 2, 379 - 387.

Azhari, A. N., Arifin, & Apriani, I. (2025). Review Design Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Pengolahan Limbah Cair Bengkel X. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.

Ekoputri, S. F., Rahmatunnisa, A., Nulfaidah, F., Ratnasari, Y., Djaeni, M., & Sari, D. A. (2023). Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi pada Industri Kimia. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1).

Febianto, N. A., & Novembrianto, R. (2024). Pengaruh Sludge Volume Index Pada Unit Aerasi Lumpur Aktif Wastewater Treatment Plant Kawasan Industri Komunal. *Jurnal TESLINK : Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(2), 254 - 262.

Fikri, M. (2021). Penggunaan Teknologi Clarifier Tank Pada Pengolahan Air Limbah Industri Kelapa Sawit. *Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)*.

Fitri, D. L., Rosariawari, F., & Sari, A. P. (2025). Analisis Deskriptif Performa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Berdasarkan Parameter BOD, COD dan TSS pada Industri Pengalengan Bekicot. 3, 01 - 11.

Hapsari, G. A., Herlambang, S. M., & Arleiny. (2024). Prototype Monitoring Dan Kontrol Kualitas Nilai Ph Air Pada Kapal (Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal). *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik (JUPRIT)*, 3(2).

Harmayanti, K. D. (2025). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah RSD Mangusada Kabupaten Badung. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 25.

Irawan, D. W. (2023). *Sanitasi Rumah Sakit*.

Kamajaya, G. Y., Nurweda Putra, I. D. N., & Putra, I. N. G. (2021). Analisis Sebaran Total Suspended Solid (TSS) Berdasarkan Citra Landsat 8 Menggunakan Tiga Algoritma Berbeda Di Perairan Teluk Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 7(1), 18 - 24.

Kusturica, M. P., Jevtic, M., & Ristovski, J. T. (2022). Minimizing the environmental impact of unused pharmaceuticals: Review focused on prevention. 1 - 8. 10.3389/fenvs.2022.1077974

Listyowati, D., Sari, K. I., Hursepuny, J., & Sinaga, P. T. (2023). Strategi Pemasaran Pedagang Besar Farmasi Dalam Menghadapi Persaingan (Studi Kasus Pada Pt Mubarakah Jaya Farma). *Jurnal Widya*, 4.

Mulyati, S. A., Maidaswar, Srikandi, Azizah, M., & Atikah, N. (2022). THE EFFECTIVENESS OF CHLORINE TABLETS TO REDUCING COLIFORM IN WASTEWATER TREATMENT PLANT. *JURNAL SAINS NATURAL*, 12(1), 10 - 16.

Nabila, T. F., & Mirwan, M. (2023). Pengawasan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur Terhadap Limbah Cair Industri Baja dan Pengolahannya. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(3).

Nuryoto. (2023). Studi Proses Dewatering di Unit Pengolahan Air Limbah menggunakan Plate-Frame Filter Press: Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Filter. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24, 235 - 241.

Perjuangan, F. D., Sari, K. I., & Hendarmin. (2024). ANALISIS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL PADA APARTEMENT SKYVIEW SETIABUDI KECAMATAN MEDAN SELAYANG (STUDI KASUS). *Jurnal UISU*, 20.

Pratiwi Sinurat, M. A., Dinanti, B. D., Widiya, & Purnaini, R. (2024). Kombinasi Aerasi-Filtrasi dalam Pengolahan Air Sumur Gali menjadi Air Bersih. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 12(2).

Quraini, N., Busyairi, M., & Adnan, F. (2022). EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL BERBASIS MASYARAKAT KELURAHAN MASJID SAMARINDA SEBERANG. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 6(1).

Ramadhanti, F., Rahmadi, A., & Satriadi, T. (2019). STUDI POTENSI LIMBAH KAYU INDUSTRI KAYU LAPIS DI PT ELBANA ABADI JAYA TANJUNG KABUPATEN TABALONG. *Jurnal Sylva Scienteeae*, 2.

Rohim, M. (2020). *Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air*. Qiara Media Partner.

Ruskar, D., Kumala, S., & Noor, L. S. (2024). Optimalisasi Lembaga Farmasi TNI AL Dalam Produksi Sediaan Farmasi Guna Mendukung Ketahanan Kesehatan. *PENDIPA Journal of Science Education*, 9, 132 - 139. <https://doi.org/10.33369/pendipa.9.1.132-139>

Saputra, E., Akbar, F., Chairani, M., & Adiningsih, R. (2023). PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH TANGGA DENGAN FILTRASI DOWNFLOW. *Jurnal Mapaccing*, 1(1).

Saputri, I., Fatimatuazzahra, & Lestari, Y. (2023). Analisa Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Limbah Cair Disekitar Kawasan Penambangan Batubara Kabupaten Bengkulu Utara. *ORGANISME: JURNAL ILMU HAYATI*, 3.

Setyati, W. A., Prianggenis, D., Putra Pamungkas, D. B., & Suryono, C. A. (2022). Pemantauan Bakteri Coliform di Pasir Pantai dan Air Laut di Wisata Pantai Marina dan Pantai Baruna. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25.

Srinarwati, Y., Legrans, R. R. I., & Mangangka, I. R. (2024). Perancangan Instalasi Pengolahan Air

Limbah Domestik Dengan Sistem Kombinasi Anaerob-Aerob Di Kelurahan Karame Kota Manado. *TEKNO*, 22(88).

Ulvi, S. I., & Harmawan, T. (2022). Analisis Kandungan Minyak dan Lemak pada Limbah Outlet Pabrik Kelapa Sawit di Aceh Tamiang. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 4(1).

Wahyudi, M. R., Rizky, H., Apriani, U., & Latifah, N. (2025). Artikel Review: Dampak Limbah Farmasi terhadap Lingkungan dan Upaya Pengelolaannya di Industri. *Vitamin : Jurnal ilmu Kesehatan Umum*, 3. <https://doi.org/10.61132/vitamin.v3i3.1442>