



SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM DI PT. Y

Putri Tara Safitri¹, Natalina², dan Hardoyo³

¹²³Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati

Email: tiaraasftri@gmail.com

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
Artikel Masuk : 27-01-2026 Artikel Review: 29-01-2026 Artikel Revisi : 31-01-2026	Permasalahan pencemaran lingkungan akibat limbah cair industri menjadi isu yang krusial di tengah pesatnya pertumbuhan sektor industri di Indonesia. PT Y sebagai perusahaan yang bergerak di bidang inspeksi dan laboratorium menghasilkan limbah cair dari aktivitas laboratoriumnya. Untuk mengelola limbah tersebut, perusahaan telah membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan sistem pengolahan kombinasi fisika, kimia, dan biologi yang terdiri atas beberapa unit seperti kolam equalisasi, bak koagulasi, kolam anaerob dan aerob, hingga kolam indikator. Kerja Praktik ini bertujuan untuk mengetahui sistem pengolahan air limbah di PT Y serta mengevaluasi efektivitasnya dalam memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Permen LHK No. 68 Tahun 2016. Metode yang digunakan adalah analisis laboratorium dengan parameter pH, BOD, COD, amonia, dan sianida, diketahui bahwa kualitas air limbah setelah pengolahan menunjukkan hasil yang memenuhi standar baku mutu lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem IPAL yang diterapkan berjalan efektif dalam mengurangi beban pencemaran limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan.
Kata kunci: Air limbah, Amonia, BOD, COD, IPAL, Sianida	
Keywords: Wastewater, Ammonia, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Wastewater Treatment Plant, Cyanide	
	ABSTRACT <i>The problem of environmental pollution due to industrial liquid waste has become a crucial issue amidst the rapid growth of the industrial sector in Indonesia. PT Y Branch as a company engaged in the inspection and laboratory sector produces liquid waste from its domestic and laboratory activities. To manage this waste, the company has built a Wastewater Treatment Plant (IPAL) with a combination of physics, chemistry, and biology processing systems consisting of several units such as equalization ponds, coagulation tanks, anaerobic and aerobic ponds, and indicator ponds. This field work practice aims to determine the wastewater treatment system at PT Y and evaluate its effectiveness in meeting the quality standards set out in Permen LHK No. 68 of 2016. The method used was laboratory analysis with parameters including pH, BOD, COD, ammonia, and cyanide. The results showed that the quality of the treated wastewater met the environmental quality standards. This shows that the IPAL system implemented is effective in reducing the burden of liquid waste pollution before being discharged into the environment</i>

PENDAHULUAN

Lingkungan hidup memegang peranan penting dalam menopang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Seiring meningkatnya aktivitas pembangunan dan pertumbuhan industri, tantangan terhadap kelestarian lingkungan semakin nyata (Argarani et al., 2025). Salah satu dampak nyata dari pertumbuhan industri adalah meningkatnya produksi limbah (Kurniawan, 2024), baik limbah domestik maupun limbah khusus seperti limbah laboratorium. Jika tidak dikelola dengan baik, akumulasi limbah ini dapat menimbulkan gangguan serius terhadap ekosistem dan kualitas air.

PT Y adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang jasa inspeksi, pengujian, dan sertifikasi, serta melayani berbagai sektor, termasuk pertanian, kehutanan, pertambangan, konstruksi, industri manufaktur, kelautan, dan perikanan. Kegiatan laboratorium di perusahaan ini menghasilkan limbah cair yang harus dikelola secara aman agar tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Meskipun fasilitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) telah tersedia, efektivitas pengolahan limbah tergantung pada pemeliharaan, pengoperasian, serta kepatuhan terhadap dokumen lingkungan, seperti AMDAL tahun 2013, Izin Pembuangan Limbah Cair (IPLC), serta penerapan Sistem Manajemen Lingkungan yang meliputi Astra Green Company (AGC), PROPER, dan ISO 14001.

Sejalan dengan itu, evaluasi terhadap sistem pengolahan air limbah laboratorium menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa kualitas limbah yang dibuang memenuhi baku mutu yang ditetapkan pemerintah. Praktik Kerja Lapangan ini dilakukan dengan judul “Sistem Pengolahan Air Limbah Laboratorium di PT Y” dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana sistem pengolahan air limbah laboratorium diterapkan dan sejauh mana efektivitas penerapannya dalam memenuhi ketentuan Izin Pembuangan Air Limbah (IPLC) selama bulan November dan Desember.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif yang dilaksanakan di PT Y, perusahaan yang bergerak di sektor jasa inspeksi, pengujian, serta sertifikasi, selama satu bulan pada periode Januari sampai Februari. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, observasi langsung, dan dokumentasi. Data yang digunakan terdiri atas data primer yang diperoleh dari hasil pengamatan dan wawancara dengan pihak terkait, serta data sekunder yang berasal dari dokumen perusahaan dan referensi pendukung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sumber Air Limbah Laboratorium PT Y

Sumber limbah cair yang diolah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berasal dari aktivitas laboratorium di PT Y. Kegiatan laboratorium tersebut meliputi pengujian dengan cakupan analisis batubara dan mineral, hasil pertanian dan perkebunan, analisis kualitas air, serta analisis udara. Seluruh proses analisis dilakukan di laboratorium pada gedung PT Y dengan menggunakan berbagai bahan kimia sebagai reagen. Bahan kimia tersebut disimpan dalam wadah tertutup, sedangkan senyawa yang bersifat asam ditempatkan secara khusus di lemari asam yang dilengkapi cerobong pembuangan dan berada di ruang asam. Bahan analisis yang digunakan dan peralatan yang akan dibersihkan kembali setelah digunakan (Gusmanto, 2023), air bekas pencuciannya merupakan air limbah yang akan diolah di IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Limbah cair yang dihasilkan terutama berasal dari beberapa aktivitas utama yaitu:

1. Penggunaan Bahan Kimia dalam Proses Analisis

Selama kegiatan pengujian, laboratorium menggunakan berbagai reagen dan bahan kimia untuk melakukan analisis sampel. Sisa reagen yang tidak habis digunakan maupun bahan kimia bekas pemakaian kemudian menjadi salah satu penyumbang utama terbentuknya limbah cair laboratorium (Rochmat et al., 2025).

2. Pencucian Alat Laboratorium

Setelah kegiatan analisis selesai dilakukan, peralatan laboratorium seperti gelas ukur, tabung reaksi, pipet, serta berbagai instrumen lainnya dicuci dan dibersihkan dengan menggunakan air (Purba et al., 2024). Air bekas pencucian tersebut mengandung residu bahan kimia yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak ditangani dengan baik.

3. Limbah dari Ruang Asam

Pengujian yang menggunakan senyawa kimia bersifat korosif atau berbahaya, terutama asam kuat, PT Y menggunakan ruang asam yang dilengkapi dengan lemari asam dan sistem ventilasi. Sisa bahan dari proses ini, meskipun sudah berada di lingkungan yang terkendali, tetap menghasilkan limbah cair yang memerlukan pengolahan khusus.

4. Kegiatan Persiapan dan Pemrosesan Sampel

Proses persiapan sampel dalam laboratorium, seperti tahap pelarutan, ekstraksi, dan pemisahan, secara umum melibatkan penggunaan pelarut organik dan zat kimia yang pada akhirnya dapat menghasilkan limbah cair (Woźniak et al., 2024)

Seluruh air limbah yang dihasilkan dari aktivitas tersebut dikumpulkan dan dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) milik PT Y yang dikelola secara internal. IPAL ini digunakan untuk mengolah limbah cair sehingga kandungan bahan berbahaya dan beracun (B3) serta parameter pencemar lainnya dapat ditekan hingga memenuhi baku mutu lingkungan, sebelum akhirnya dilepas ke lingkungan secara aman.

B. Sistem Pengolahan Air Limbah di PT Y

Pengelolaan limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan operasional Gedung Kantor PT Y dilakukan melalui 1 (satu) unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sistem pengolahan air limbah tersebut terdiri atas beberapa unit, yaitu kolam equalisasi, unit pengendapan awal berupa bak koagulasi, kolam anaerob dan aerob, kolam pengendapan akhir, serta kolam ikan sebagai indikator. IPAL Gedung Kantor PT Y telah dilengkapi Izin Pembuangan Limbah Cair yang diterbitkan oleh Walikota Bandar Lampung dengan Nomor 660/244/24/2008. Air hasil olahan IPAL dibuang ke badan air lingkungan setelah dinyatakan memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

limbah laboratorium memiliki karakteristik berbeda dari limbah domestik karena kandungan zat kimia dan kontaminan biologi yang tinggi (Ruslinda et al., 2024). Limbah laboratorium diklasifikasikan menjadi dua jenis utama yaitu limbah cair pekat dan B3, serta limbah sisa pencucian peralatan laboratorium.

Limbah cair pekat yang termasuk kategori B3 ditampung dalam wadah tertutup (Herliana et al., 2024), kemudian disimpan sementara di ruang khusus penyimpanan limbah B3. Apabila volume limbah telah mencapai batas kapasitas penyimpanan, limbah tersebut selanjutnya diserahkan kepada pihak ketiga yang berizin untuk dikelola lebih lanjut (Putra et al., 2025), bersamaan dengan limbah padat B3. Sementara itu, limbah cair yang berasal dari pencucian peralatan laboratorium dialirkan langsung menuju IPAL untuk diolah melalui kombinasi proses fisik, kimia, dan biologi guna menurunkan kadar pencemar, sehingga aman dibuang ke lingkungan. Proses pengolahan air limbah pada IPAL Gedung Kantor PT Y dijelaskan sebagai berikut:

1. Kolam Inlet

Bak inlet merupakan bak yang disediakan untuk menampung air limbah yang bersumber dari kegiatan dalam proses produksi limbah (Nugroho & Purwaningrum, 2025). Air limbah yang berasal dari kegiatan laboratorium dialirkan ke dalam kolam Inlet yang bekerja membawa aliran air limbah yang akan masuk ke Bak Equalisasi.



Gambar 1. Kolam Inlet pada IPAL PT Y
Sumber : dokumentasi peneliti (2025)

2. Bak Equalisasi

Bak equalisasi berfungsi untuk menyeimbangkan aliran air limbah (Setyaningtias & Novembrianto, 2024). Pada tahap ini, air limbah mengalami proses ekualisasi berupa pemerataan debit serta homogenisasi kualitas air limbah sebelum masuk ke tahap pengolahan berikutnya.

3. Kolam Pengendapan Awal

Pada kolam pengendapan awal dilakukan proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan koagulan. Koagulan berfungsi untuk menetralkan muatan partikel koloid penyebab kekeruhan (Susilawati et al., 2026). Koagulan yang digunakan pada proses ini yaitu larutan kapur atau Ca(OH)_2 . Pada bak koagulasi ini dilengkapi juga dengan pengaduk untuk mencampurkan larutan kapur atau Ca(OH)_2 dengan air limbah.

4. Kolam Anaerob

Kolam anaerob berfungsi untuk menguraikan kandungan zat organik (BOD) dalam air limbah, kolam anaerob memerlukan aktivitas bakteri yang optimal (Syamsuddin & Rivai, 2023). Proses penguraian dilakukan oleh bakteri yang melekat pada media biofilter sarang tawon yang dipasang di dalam bak anaerob. Mikroorganisme tersebut bersifat anaerob, yaitu dapat hidup dan bekerja tanpa memerlukan suplai oksigen dalam proses penguraian bahan organik.

5. Kolam Aerob

Kolam aerob berperan dalam proses oksidasi serta penguraian bahan buangan organik yang terdapat dalam air limbah dengan bantuan bakteri atau mikroba aerob (Akli et al., 2022). Proses penguraian dilakukan oleh bakteri yang melekat pada media biofilter sarang tawon. Mikroorganisme tersebut bersifat aerob, sehingga memerlukan pasokan oksigen agar dapat hidup dan bekerja secara optimal dalam menguraikan bahan organik. Pasokan oksigen disuplai melalui blower yang dioperasikan secara bergantian setiap 2 jam. IPAL ini dilengkapi dengan dua unit blower yang dijalankan secara kontinyu dengan sistem kerja bergantian, sehingga masing-masing blower memiliki waktu istirahat untuk menjaga kinerja dan memperpanjang masa pakai peralatan.

6. Bak Pengendapan Akhir

Bak pengendapan akhir berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel padatan serta menurunkan sisa kandungan zat organik yang masih terdapat dalam air limbah (Rizani et al., 2023). Proses pengendapan berlangsung secara alami melalui gaya gravitasi tanpa penambahan bahan kimia. Unit pengendapan akhir ini beroperasi selama 24 jam, dengan aliran air limbah yang mengalir secara gravitasi tanpa menggunakan pompa.



Gambar 2. Kolam pengendapan akhir pada IPAL PT Y
Sumber : Dokumentasi peneliti (2025)

7. Kolam Indikator (Kolam Ikan)

Kolam indikator atau kolam ikan digunakan sebagai penanda untuk menilai kelayakan kualitas air limbah terhadap kehidupan biota air, khususnya ikan. Apabila ikan dapat hidup dengan baik, maka air limbah dapat dinyatakan layak untuk dibuang ke lingkungan perairan. Sebaliknya, jika ditemukan ikan mati, hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas air limbah masih belum memenuhi kelayakan untuk dilepas ke lingkungan (Agustian et al., 2020).



Gambar 3. kolam indikator pada IPAL PT Y
Sumber : Dokumentasi peneliti (2025)

C. Hasil Pengujian Inlet dan Outlet IPAL PT Y

Pada bulan November - Desember, dilakukan pengujian terhadap kualitas air limbah pada titik inlet (sebelum proses pengolahan) dan outlet (setelah proses pengolahan) pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT Y. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas kinerja IPAL dalam menurunkan konsentrasi parameter pencemar agar sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan dalam Permen LHK No. 5 Tahun 2014 dan Perwali Bandar Lampung. Parameter-parameter yang dianalisis meliputi pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, serta total coliform. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat penurunan signifikan kadar pencemar dari titik inlet ke outlet, yang mengindikasikan bahwa proses pengolahan berjalan secara efektif dan efisien. Perbandingan hasil pengujian pada titik inlet dan outlet selama bulan November dan Desember disajikan dalam tabel dan grafik berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Inlet dan Outlet November IPAL PT. Y

Parameter	Unit	Inlet	Outlet	Standar baku mutu lingkungan	Efektivitas(%)
pH	-	7,1	7,69	6-9	8,30
BOD	Mg/L	70	18	50	74,28
COD	Mg/L	245	58,2	100	76,24
Amonia	Mg/L	1,54	1	1	35,06
Sianida	Mg/L	0,01	0,01	0,05	0

Sumber : PT Y (2024)

Sebagian besar parameter menunjukkan perubahan yang cukup signifikan. Nilai derajat keasaman (pH) meningkat menjadi 7,69 dan masih berada dalam rentang baku mutu 6–9. Sementara itu, beberapa parameter lain mengalami penurunan, seperti BOD, COD, amonia, dan sianida. Penurunan BOD dari 70 mg/L menjadi 18 mg/L mengindikasikan berkurangnya kandungan bahan organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Nilai COD juga menurun dari 245 mg/L menjadi 58,2 mg/L, yang menunjukkan berkurangnya jumlah senyawa organik maupun anorganik yang dapat teroksidasi secara kimia; semakin rendah COD, semakin kecil beban pencemar dalam air limbah. Kadar amonia (NH₃-N) turun dari 1,54 mg/L menjadi 0,84 mg/L, yang dapat dipengaruhi oleh menurunnya senyawa nitrogen dalam limbah akibat berkurangnya penggunaan bahan kimia mengandung amonia, serta meningkatnya efektivitas proses biologis seperti nitrifikasi, yaitu perubahan amonia menjadi nitrit dan nitrat oleh mikroorganisme. Konsentrasi sianida relatif stabil pada 0,01 mg/L, menandakan bahwa kadar sianida pada inlet masih berada dalam batas aman sesuai baku mutu.

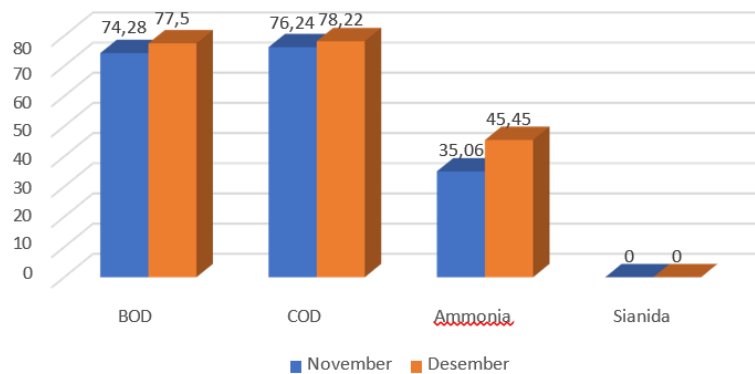
Tabel 2. Hasil Pengujian Inlet dan Outlet Desember IPAL PT. Y

Parameter	Unit	Inlet	Outlet	Standar baku mutu lingkungan	Efektivitas(%)
pH	-	5,62	7,81	6-9	38,96
BOD	Mg/L	80	18	50	77,5
COD	Mg/L	270	58,8	100	78,22
Amonia	Mg/L	1,54	0,84	1	5,45
Sianida	Mg/L	0,01	0,01	0,05	0

Sumber : PT Y (2024)

Nilai derajat keasaman (pH) meningkat menjadi 7,81 dan masih berada dalam rentang baku mutu 6–9. Sementara itu, parameter lain seperti BOD, COD, amonia, dan sianida menunjukkan kecenderungan menurun. Penurunan BOD dari 80 mg/L menjadi 18 mg/L mengindikasikan berkurangnya kandungan bahan organik yang mudah terurai, sehingga mikroorganisme pengurai memiliki lebih sedikit substrat untuk didegradasi. Nilai COD juga turun dari 270 mg/L menjadi 58,8 mg/L, yang menunjukkan menurunnya konsentrasi senyawa organik maupun anorganik yang dapat teroksidasi secara kimia dalam air limbah. Kondisi kualitas limbah cair dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk variasi dalam aktivitas produksi yang memengaruhi jumlah limbah kimia yang dihasilkan serta perubahan dalam penggunaan bahan kimia berbahaya, yang pada akhirnya berdampak pada besarnya beban pencemar yang masuk ke unit pengolahan (Kato & Kansha, 2024). Kadar amonia (NH₃-N) turut menurun dari 1,54 mg/L menjadi 0,84 mg/L akibat rendahnya kandungan senyawa nitrogen dalam limbah, berkurangnya pemakaian bahan kimia yang mengandung amonia, serta meningkatnya efektivitas proses biologis seperti nitrifikasi. Konsentrasi sianida tetap stabil pada angka 0,01 mg/L karena kadar sianida pada inlet masih berada dalam batas aman sesuai baku mutu.

Perbandingan hasil pengujian efektivitas bulan November dan Desember dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 4. Nilai Efektivitas Parameter Bulan November-Desember IPAL Laboratorium PT. Y “Sumer : PT Y (2024)”.

Nilai efektivitas BOD meningkat dari 74,28 mg/L pada bulan November menjadi 77,5 mg/L pada bulan Desember, yang menunjukkan adanya kenaikan kandungan senyawa organik dalam air limbah. Peningkatan efektivitas COD dari 76,24 mg/L pada bulan November menjadi 78,22 mg/L pada bulan Desember juga mengindikasikan bertambahnya kandungan bahan pencemar, baik yang bersifat organik maupun anorganik. Kadar amonia mengalami kenaikan dari 35,06 mg/L pada bulan November menjadi 45,45 mg/L pada bulan Desember, yang dapat disebabkan oleh meningkatnya limbah organik serta masuknya bahan pencemar yang terbawa aliran air hujan, disertai penurunan kinerja proses pengolahan secara alami maupun buatan.

Kadar sianida tetap berada pada 0 mg/L baik pada bulan November maupun Desember, yang menunjukkan tidak adanya sumber pencemar sianida serta pengelolaan limbah yang berjalan baik sehingga kualitas air tetap aman dan bebas kontaminasi. Intensitas curah hujan pada bulan Desember yang lebih tinggi dibandingkan bulan November turut meningkatkan volume air yang masuk ke saluran drainase (Bugajski et al., 2025), sehingga berpotensi meluap dan mencampurkan air hujan dengan limbah industri yang belum terolah.

D. Izin Pembuangan Limbah Cair di PT Y

Aktivitas PT Y yang berlangsung di kantor meliputi kegiatan administrasi perkantoran serta laboratorium pengujian. Ruang lingkup pengujian laboratorium mencakup analisis batubara dan mineral, hasil pertanian dan perkebunan, analisis air, serta analisis udara. Kegiatan analisis tersebut dilakukan di Laboratorium Gedung PT Y dengan penggunaan berbagai bahan kimia, yang disimpan dalam wadah tertutup. Bahan kimia yang bersifat asam ditempatkan pada lemari asam yang dilengkapi cerobong di ruang khusus. Selain itu, peralatan analisis yang digunakan akan dibersihkan kembali setelah pemakaian, dan air bekas pencucian peralatan tersebut menjadi air limbah yang selanjutnya diolah melalui IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) (Gusmanto, 2023).

Pelaksanaan izin pembuangan limbah cair, terdapat beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan, terutama terkait persyaratan keamanan dan kenyamanan lingkungan agar setiap kegiatan pembangunan maupun operasional tidak menimbulkan dampak yang membahayakan masyarakat sekitar serta lingkungan hidup. Ketentuan ini telah diatur dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.26 Tahun 2018 mengenai pedoman penyusunan, penilaian, dan pemeriksaan dokumen lingkungan hidup dalam pelayanan perizinan berusaha terintegrasi secara elektronik. Selama operasional Gedung Kantor PT Y, kegiatan yang menghasilkan air limbah berpotensi menimbulkan dampak terhadap lingkungan, khususnya penurunan kualitas air permukaan. Oleh karena itu, mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, perusahaan telah memiliki Izin Operasional Pembuangan Air Limbah yang

memperoleh rekomendasi dari Kepala BPPLH Kota Bandar Lampung melalui SK Walikota Bandar Lampung Nomor 660/244/24/2008.

KESIMPULAN

Sistem pengelolaan limbah cair atau air limbah yang dihasilkan dari kegiatan operasional Gedung Kantor PT Y diolah dengan menggunakan 1 unit IPAL dengan sistem pengolahan air limbah yang terdiri dari kolom inlet, kolom equalisasi, kolom pengendapan awal berupa bak koagulasi, kolom anaerob dan aerob, kolom pengendapan akhir dan kolam indikator yang berupa kolam ikan.

Berdasarkan dari 8 parameter air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT Y yaitu pH, Cd, Cr6+, Pb, BOD5, COD, Ammonia, dan Oil and Grease. Kualitas air limbah yang dibuang ke badan lingkungan telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan dan dimuat pada Baku Mutu Izin Pembuangan Air Limbah Walikota Bandar Lampung No. 660/244/24/2008. Pengolahan air limbah dapat dikatakan berhasil karena tidak menimbulkan pencemaran jika dibuang ke badan lingkungan.

BIBLIOGRAFI

- Agustian, R., Arifin, P., & Sofarini, D. (2020). Analisis Kualitas Air Hasil Olahan Limbah Cair Domestik Terhadap Kelayakan Hidup Ikan Di Ipal Pekapuran Raya, Pd Pal Banjarmasin, Provinsi Kalimantan Selatan. *Aquatic Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 3(2 Se-Articles), 100–108. <https://doi.org/10.20527/Aquatic.V3i2.1191>
- Akli, K., Aprila, Y., Akbar, A., & Senjawati, M. I. (2022). Pengaruh Pemasangan Fine Bubble Diffuser Terhadap Nilai Cod Dan Bod Limbah Cair Palm Oil Mill Effluent. *Reactor: Journal Of Research On Chemistry And Engineering*, 3(1), 36.
- Argarani, D., Afriati, D., Sari, M. I., Setyanto, A. R., Islam, U., Raden, N., Lampung, I., & Lampung, K. B. (2025). Dampak Aktivitas Industri Terhadap Perubahan Tata Guna Lahan Dan Urbanisasi Di Wilayah Pesisir. *Jurnal Media Akademik*, 3(11).
- Bugajski, P., Mucha, Z., & Kois, B. (2025). The Influence Of Rainwater And Snowmelt (Inflow And Infiltration) On The Performance Of Wastewater Treatment In A Plant Using Membrane Bioreactors (Mbr). In *Applied Sciences* (Vol. 15, Issue 19, P. 10608). <https://doi.org/10.3390/App151910608>
- Gusmanto, R. (2023). Manajemen Pengelolaan Alat Dan Bahan Di Laboratorium Fakultas Tarbiyah Dan Ilmu Keguruan (Ftik) Iain Kerinci. *Leader: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 1(2), 112–121. <https://doi.org/10.32939/Ljmpi.V1i2.3084>
- Herliana, E., Gunawan, W. A., & Latifah, N. L. (2024). Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Dari Laboratorium Pt Max Chem Indonesia 1. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Seri 02*, 1(2), 592–601.
- Kato, S., & Kansha, Y. (2024). Comprehensive Review Of Industrial Wastewater Treatment Techniques. In *Environmental Science And Pollution Research* (Vol. 31, Issue 39). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/S11356-024-34584-0>
- Kurniawan, D. A. (2024). Journal Of Sumatra Sociological Indicators Industrial Society Activities Towards The Environment Reviewed From A Conflict Perspective. *Journal Of Sumatra Sociological Indicators*, 3(2), 333–340. <https://doi.org/10.32734/Jssi.V3i2.18735>
- Nugroho, D. B., & Purwaningrum, S. I. (2025). Mekanisme Pengolahan Air Limbah Di Rumah Sakit X Bojonegoro. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 8(1), 83–91.
- Purba, A. M., Lestari, M. W., Imnadir, Sari, M., Silitonga, H., & Siburian, J. (2024). Sistem Pendeteksian Air Limbah Cair Industri. *Jurnal Darma Agung*, 32(1), 483–493.
- Putra, F. P., Natalina, & Hardoyo. (2025). Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Tempat Penyimpanan Sementara Pt . X. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 2(5), 613–619.
- Rizani, M. D., Ikhwanudin, I., Lestiyanto, Y., & Anggraeni, Y. D. (2023). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Pabrik Tempe Dengan Digester Anaerobik Dan Biofilter

- Anaerobik Di Wilayah Semarang (Studi Kasus Pabrik Tempe Dampyak Gunung Pati Kota Semarang). *Jurnal Teknik Sipil Giratory Upgris*, 4(2), 81–91.
- Rochmat, A., Wardoyo, D. E., Qisthi, G. Z., Maryani, Y., & Ganiadi, M. (2025). Rancangan Ipal Laboratorium Untuk Mengolah Air Limbah Praktikum Kimia. *Asian Journal Of Multidisciplinary Research*, 2(2), 49–58.
- Ruslinda, Y., Nur, A., Komala, P., Leni, L., Regia, R., & Mardatillah, R. (2024). Characterization Of Wastewater In The University Campus: A Case Study In Universitas Andalas, Indonesia. *Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan*, 21(2), 18. <https://doi.org/10.25077/Dampak.21.2.18-26.2024>
- Setyaningias, B., & Novembrianto, R. (2024). Strategi Recycle Air Limbah Domestik Terolah Sebagai Penunjang Green Zone. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(6).
- Susilawati, Nur Afini Turnip, Azzahra Khairani Siregar, & Amanda Aqilah. (2026). Pemanfaatan Koagulan Pac (Poly Aluminium Chloride) D: Penelitian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(3 Se-Articles), 16921–16930. <https://doi.org/10.31004/Jerkin.V4i3.4851>
- Syamsuddin, S., & Rivai, A. M. N. (2023). Gambaran Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Di Pt Perkebunan Nusantara Xiv Kabupaten Luwu Timur. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, 23(1), 147–155.
- Woźniak, J., Nawala, J., Dziedzic, D., & Popiel, S. (2024). Overview Of Liquid Sample Preparation Techniques For Analysis, Using Metal-Organic Frameworks As Sorbents. In *Molecules* (Vol. 29, Issue 19, P. 4752). <https://doi.org/10.3390/Molecules29194752>.