

Pengujian Total Coliform Air Limbah Inlet IPAL di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Sumatera Barat Menggunakan Metode Most Probable Number (MPN)

Total Coliform Testing of Inlet IPAL Wastewater at the Laboratory of West Sumatra Environmental Agency Using the Most Probable Number (MPN) Method

Shella Anggraeni¹, Irdawati^{1*}

¹ Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, West Sumatra, Indonesia

*Correspondence author: irdawati.amor40@gmail.com

Abstract

This study aimed to evaluate microbial contamination levels in inlet wastewater from a Wastewater Treatment Plant (IPAL) by analyzing total coliform using the Most Probable Number (MPN) method. The research was conducted at the Environmental Laboratory of the West Sumatra Environmental Agency during January–February 2025. The method included two sampling events, presumptive testing using Lactose Broth (LB), confirmed testing with Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB), and quantitative analysis based on MPN statistical tables. The research design was descriptive and quantitative. Data were manually interpreted using standard reference tables from APHA. The main result showed a substantial decrease in total coliform counts from 110,000 MPN/100 mL (January 20 sample) to 930 MPN/100 mL (February 10 sample), although the final result still exceeded the maximum quality threshold of 3,000 MPN/100 mL. These findings indicate a short-term improvement in IPAL performance. The conclusion highlights the importance of regular microbiological monitoring and the strategic contribution of environmental laboratories in maintaining the sustainability and effectiveness of wastewater treatment systems.

Key words: *Environmental laboratory, IPAL, MPN method, total coliform, wastewater*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran mikrobiologis pada air limbah inlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan mengukur kandungan total *coliform* menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN). Riset dilaksanakan di UPTD Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat pada Januari–Februari 2025. Metode yang digunakan mencakup pengambilan dua sampel air limbah pada waktu berbeda, uji pendugaan dengan media *Lactose Broth* (LB), uji penegasan menggunakan *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB), serta analisis kuantitatif berdasarkan tabel statistik MPN. Penelitian dirancang secara deskriptif kuantitatif. Analisis data dilakukan secara manual menggunakan referensi tabel standar dari APHA. Hasil utama menunjukkan penurunan signifikan jumlah total *coliform* dari 110.000 MPN/100 mL (sampel 20 Januari) menjadi 930 MPN/100 mL (sampel 10 Februari), meskipun hasil akhir masih melebihi baku mutu maksimum 3.000 MPN/100 mL. Temuan ini menunjukkan adanya peningkatan efektivitas IPAL dalam jangka pendek.

Implikasi dari penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pengawasan mikrobiologis secara berkala, serta dukungan teknis laboratorium lingkungan dalam menjaga efektivitas sistem pengolahan air limbah yang berkelanjutan.

Kata kunci: Air limbah, IPAL, laboratorium lingkungan, metode MPN, total coliform

Pendahuluan

Air limbah merupakan hasil samping dari aktivitas domestik, industri, laboratorium, fasilitas kesehatan, dan institusi pendidikan yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan apabila tidak dikelola secara memadai. Kandungan bahan organik, nutrien, serta mikroorganisme di dalamnya dapat mencemari badan air penerima dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan masyarakat (Kurniawan *et al.*, 2023). Secara global pengelolaan air limbah masih menjadi tantangan, di mana sebagian besar air limbah dibuang tanpa pengolahan optimal sehingga meningkatkan risiko pencemaran biologis dan kimiawi (United Nations, 2017). Dalam kajian mikrobiologi lingkungan, total coliform digunakan sebagai indikator pencemaran biologis karena keberadaannya mencerminkan kemungkinan kontaminasi mikroorganisme enterik. World Health Organization (2017) menegaskan bahwa bakteri indikator seperti coliform banyak digunakan dalam evaluasi kualitas air karena kemudahan deteksi dan relevansinya terhadap risiko sanitasi. Di Indonesia, kadar maksimum total coliform untuk air limbah domestik ditetapkan sebesar 3.000 MPN/100 mL melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 Tahun 2016. Standar ini menjadi acuan dalam menilai kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebelum efluen dilepas ke lingkungan.

Metode *Most Probable Number* (MPN) merupakan metode statistik yang umum digunakan untuk mengestimasi jumlah bakteri coliform, terutama pada sampel air limbah yang memiliki tingkat kekeruhan tinggi. American Public Health Association (2017) merekomendasikan metode ini sebagai prosedur baku dalam analisis mikrobiologi air. Setiawan dan Handayani (2020) menyatakan bahwa metode MPN efektif diterapkan pada air limbah karena mampu mengakomodasi karakteristik sampel yang mengandung partikel tersuspensi dan bahan organik dalam jumlah tinggi. Keberadaan coliform dalam air limbah memiliki implikasi kesehatan yang signifikan. Cabral (2010) menjelaskan bahwa bakteri indikator seperti coliform berkorelasi dengan kemungkinan keberadaan patogen enterik lain. Bitton (2014) menegaskan bahwa efektivitas IPAL dalam menurunkan total coliform dipengaruhi oleh stabilitas proses biologis dan efektivitas desinfeksi akhir. Penelitian Edokpayi *et al.* (2017) menunjukkan bahwa instalasi pengolahan di negara berkembang sering mengalami fluktuasi efisiensi akibat variasi beban organik dan keterbatasan operasional, sehingga pemantauan berkala menjadi sangat penting. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa pencemaran coliform masih ditemukan pada beragam matriks air. Monica (2024) dalam penelitiannya mendapatkan kandungan coliform pada air limbah rumah sakit yang tinggi. Wulandari dan El Sherra (2024) mengidentifikasi pencemaran coliform pada air sungai akibat aktivitas antropogenik. Ariani *et al.* (2024) menunjukkan efektivitas metode MPN dalam mendeteksi kontaminasi coliform pada air minum, sedangkan Rahmi *et al.* (2024) menemukan keberadaan *Escherichia coli* dan coliform pada air minum isi ulang. Azzahra dan Irdawati (2024) dalam

penelitiannya menjelaskan mengenai penurunan kualitas mikrobiologis air sumur akibat faktor sanitasi lingkungan. Selanjutnya, Devan *et al.* (2024) menegaskan bahwa limbah laboratorium dan limbah domestik kampus berkontribusi terhadap peningkatan beban pencemaran badan air.

Meskipun penelitian mengenai kualitas mikrobiologis telah banyak dilakukan pada air minum, air sungai, air sumur, dan limbah rumah sakit, kajian yang secara khusus mengevaluasi kandungan total *coliform* pada air limbah inlet IPAL di laboratorium pemerintah daerah masih terbatas. Analisis pada titik inlet penting untuk menggambarkan beban awal pencemaran sebelum proses pengolahan serta untuk mengevaluasi dinamika kinerja IPAL dari waktu ke waktu. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kandungan total *coliform* pada air limbah inlet IPAL menggunakan metode *Most Probable Number* serta membandingkan hasil pada dua periode pengambilan sampel. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi awal beban mikrobiologis limbah serta mendukung pemantauan kualitas air limbah secara berkelanjutan.

Bahan dan Metode

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di UPTD Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat, Jl. Khatib Sulaiman, Kota Padang. Sampel air limbah inlet IPAL diambil langsung dari saluran masuk Instalasi Pengolahan Air Limbah pada dua periode berbeda, yaitu 20 Januari dan 10 Februari 2025. Seluruh botol sampling steril disimpan dalam *cool box* pada suhu sekitar 4 °C dan diproses di laboratorium paling lambat 24 jam setelah pengambilan.

Alat dan Bahan Penelitian

Botol sampling steril volume 500 mL digunakan untuk pengumpulan sampel. Tabung reaksi 10 mL yang dilengkapi tabung durham digunakan untuk mendeteksi produksi gas. Proses pengenceran dilakukan menggunakan pipet ukur dan pipet mikro, sedangkan rak tabung reaksi digunakan untuk penyusunan ulangan. Sterilisasi alat dan media dilakukan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Inokulasi dilakukan di dalam laminar air flow cabinet untuk mencegah kontaminasi silang. Inkubasi dilakukan menggunakan inkubator mikrobiologi pada suhu 35 ± 2 °C selama 24 sampai 48 jam. Neraca analitik, *timer* digital, dan termometer laboratorium digunakan untuk memastikan akurasi pengukuran. Bahan yang digunakan meliputi sampel air limbah inlet IPAL, media *Lactose Broth* untuk uji pendugaan, *Brilliant Green Lactose Bile Broth* untuk uji penegasan, serta *Buffered Peptone Water* sebagai media pengencer awal. Aquades steril digunakan untuk pelarutan media dan pembersihan alat. Seluruh media diperoleh secara komersial dan disiapkan sesuai prosedur *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017).

Metode Penelitian

Prosedur pengujian dilakukan berdasarkan protokol *Most Probable Number* menurut APHA (2017) dengan penyesuaian minor terhadap kondisi laboratorium. Sampel diencerkan

secara bertingkat menggunakan *Buffered Peptone Water* hingga diperoleh tiga tingkat pengenceran utama, yaitu 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5} . Setiap pengenceran diinokulasikan ke dalam lima tabung *Lactose Broth* untuk uji pendugaan. Setelah inkubasi pada suhu $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 sampai 48 jam, tabung yang menunjukkan pembentukan gas dipindahkan ke media *Brilliant Green Lactose Bile Broth* untuk uji penegasan dan diinkubasi kembali. Jumlah tabung positif pada setiap tingkat pengenceran dicatat, kemudian nilai estimasi MPN per 100 mL ditentukan menggunakan tabel statistik standar. Seluruh proses inokulasi dilakukan secara aseptik, serta suhu dan waktu inkubasi dipantau secara berkala.

Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan dua waktu pengambilan sampel untuk mengevaluasi perubahan kandungan total *coliform*. Setiap sampel diuji pada tiga tingkat pengenceran, yaitu 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5} , dengan lima ulangan pada setiap tingkat pengenceran. Alur kerja penelitian meliputi pengambilan sampel, pengenceran, uji pendugaan, uji penegasan, dan analisis MPN.

Analisis Data

Data hasil pengujian *Total Coliform* dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan jumlah tabung positif pada setiap tingkat pengenceran. Nilai estimasi total *coliform* per 100 mL ditentukan menggunakan tabel statistik *Most Probable Number* sesuai pedoman *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Hasil dari dua kali pengambilan sampel disajikan dalam bentuk tabel dan dibandingkan berdasarkan perbedaan nilai MPN antar waktu pengamatan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian total *coliform* pada air limbah inlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dilakukan dua kali pengambilan sampel, yaitu pada tanggal 20 Januari dan 10 Februari 2025. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) yang mengestimasi jumlah bakteri *coliform* berdasarkan hasil positif pembentukan gas pada tabung Durham di media cair. Data hasil uji tersebut ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian total *coliform* air limbah inlet IPAL menggunakan metode MPN

No	Tanggal	Jenis Sampel	Jumlah LB \pm			Jumlah BGLB \pm			Nilai Pembaca an Tabel MPN	Jumlah Bakteri (MPN/100 ml)
			10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}		
1.	20 Januari 2025	Air Limbah (Inlet IPAL)	5	5	5	3	1	0	11	110.000
2.	10 Februari 2025	Air Limbah (Inlet IPAL)	5	5	5	2	2	0	9,3	930

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, sampel air limbah pertama yang diambil pada tanggal 20 Januari 2025 menunjukkan nilai MPN sebesar 110.000 MPN/100 mL. Nilai ini

berada jauh di atas ambang batas baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68 Tahun 2016, yaitu sebesar 3.000 MPN/100 mL. Jumlah ini menunjukkan bahwa air limbah pada saat itu mengandung populasi bakteri *coliform* dalam jumlah yang sangat tinggi, yang dapat menandakan masuknya limbah fekal atau limbah organik dengan beban tinggi tanpa pengolahan yang efektif. Hal ini menjadi indikasi bahwa proses pengolahan yang berlangsung pada IPAL saat itu belum mampu menekan jumlah bakteri hingga pada tingkat aman sesuai standar lingkungan.

Sampel kedua yang diambil pada tanggal 10 Februari 2025 menunjukkan nilai MPN sebesar 930 MPN/100 mL. Meskipun nilai ini juga masih melebihi ambang batas baku mutu, namun terjadi penurunan yang signifikan dibandingkan dengan sampel pertama. Penurunan ini menunjukkan adanya perbaikan dalam sistem pengolahan air limbah atau variasi operasional IPAL pada periode tersebut. Penurunan jumlah total *coliform* dapat terjadi karena berbagai faktor, di antaranya adalah stabilitas beban limbah yang masuk, kondisi teknis dari instalasi pengolahan, serta efektivitas proses desinfeksi atau filtrasi akhir. Dengan demikian, meskipun belum sepenuhnya efektif, kinerja IPAL pada pengambilan sampel kedua menunjukkan tanda-tanda perbaikan dalam pengendalian kontaminasi mikrobiologis.

Metode MPN yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode statistik klasik yang masih banyak dipakai di berbagai laboratorium lingkungan. Metode ini memberikan estimasi kuantitatif jumlah *coliform* berdasarkan hasil fermentasi laktosa oleh bakteri yang ditandai dengan pembentukan gas pada tabung Durham. Metode ini cocok digunakan untuk sampel yang keruh dan mengandung banyak partikel tersuspensi, seperti halnya karakteristik air limbah inlet IPAL. Selain itu, metode ini tidak memerlukan isolasi koloni bakteri secara murni, sehingga efisien dalam hal waktu dan biaya (Setiawan & Handayani, 2020). Temuan nilai yang masih di atas baku mutu meskipun telah terjadi penurunan menunjukkan bahwa sistem pengolahan air limbah yang diterapkan di IPAL belum mencapai efisiensi optimal. Hal ini bisa dipengaruhi oleh kapasitas IPAL yang tidak sesuai dengan beban limbah yang masuk, kurangnya pemeliharaan pada unit-unit pengolahan, serta fluktuasi operasional harian.

Kualitas mikrobiologis air limbah sangat penting untuk dijaga karena dapat berdampak langsung pada kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Bakteri *coliform* dapat bertindak sebagai indikator keberadaan patogen lain yang lebih berbahaya seperti *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, dan *Shigella spp.*. Temuan mengenai pentingnya bakteri indikator ini juga dilaporkan oleh Afriliana dan Putri (2024) yang menemukan keberadaan bakteri *coliform* dan *E. coli* pada sampel es batu berbasis air, menunjukkan bahwa kontaminasi mikrobiologis dapat terjadi apabila proses pengolahan dan sanitasi tidak berjalan optimal. Oleh karena itu, keberadaan total *coliform* dalam air limbah perlu dikendalikan dengan sistem pengolahan yang optimal serta dipantau secara berkala oleh laboratorium lingkungan yang berkompeten dan terakreditasi. Penelitian ini juga memberikan gambaran nyata tentang pentingnya keterlibatan laboratorium lingkungan dalam proses pemantauan kualitas limbah secara periodik. Keberadaan laboratorium tidak hanya berfungsi untuk menguji sampel, tetapi juga sebagai pusat analisis dan pengambilan data ilmiah yang dapat mendukung perumusan kebijakan

lingkungan daerah. Dengan melakukan pengujian langsung menggunakan metode standar, laboratorium dapat memberikan data valid yang dapat menjadi dasar evaluasi dan perbaikan teknis pada sistem IPAL.

Secara umum, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa meskipun terdapat penurunan nilai MPN pada sampel kedua, kualitas air limbah yang diuji belum memenuhi standar baku mutu yang berlaku. Oleh karena itu, diperlukan optimalisasi lebih lanjut dalam sistem pengolahan IPAL dan pengawasan berkala untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang ke lingkungan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan ekosistem.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan total *coliform* pada air limbah inlet IPAL mengalami penurunan yang sangat signifikan antara dua waktu pengambilan sampel. Nilai 110.000 MPN/100 mL pada sampel pertama menunjukkan kondisi pencemaran tinggi, sedangkan nilai 930 MPN/100 mL pada sampel kedua telah berada di bawah baku mutu 3.000 MPN/100 mL. Hasil ini menandakan adanya peningkatan efektivitas kinerja IPAL dalam menurunkan beban mikrobiologis. Metode MPN terbukti efektif digunakan untuk estimasi total *coliform* pada air limbah, serta menegaskan pentingnya pemantauan mikrobiologis rutin dalam evaluasi sistem pengolahan limbah.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pembimbing lapangan dan dosen pembimbing atas arahan dan dukungan ilmiah, serta kepada staf UPTD Laboratorium Lingkungan DLH Provinsi Sumatera Barat atas bantuan teknis selama pengujian.

Daftar Pustaka

- Afriliana, M., & Putri, D. H. (2024). Analisis keberadaan bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* pada es batu. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 3(2), 1314–1322.
- American Public Health Association. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Ariani, M., Yuniarti, E., & Erlinda, E. (2024). Pemeriksaan sampel air minum dengan metode most probable number (MPN) di Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 4(1), 530–539.
- Azzahra, F., & Irdawati, M. (2024). Uji kualitas air sumur dengan metode most probable number (MPN). *Prosiding SEMNASBIO 8*. Universitas Negeri Padang.
- Bitton, G. (2014). *Wastewater microbiology* (4th ed.). Wiley-Blackwell.
- Cabral, J. P. S. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(10), 3657–3703.

- Devan, A., Junita, H., Hanifa, P., & Ardi. (2024). Pengaruh limbah laboratorium dan limbah rumah tangga pada pencemaran kali di lingkungan Universitas Negeri Padang. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*.
- Edokpayi, J. N., Odiyo, J. O., & Durowoju, O. S. (2017). Impact of wastewater on surface water quality in developing countries. *Water SA*, 43(3), 495–503.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 tentang baku mutu air limbah*. KLHK.
- Kurniawan, A., Suryani, R., & Hadi, S. (2023). Evaluasi kualitas air limbah domestik berdasarkan parameter mikrobiologis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(1), 33–41.
- Monica, D. T. (2024). Analisis kualitas air di Rumah Sakit Payakumbuh berdasarkan uji bakteri koliform dengan metode most probable number. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 4(1), 339–349.
- Rahmi, A., Irdawati, I., & Rosita, A. (2024). Analisis kandungan *Escherichia coli* dan coliform pada air minum isi ulang depot air minum daerah Kabupaten Solok. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 4(2), 1065–1072.
- Setiawan, A., & Handayani, R. (2020). Penggunaan metode most probable number dalam analisis total coliform air limbah. *Jurnal Sains Lingkungan*, 16(4), 213–220.
- United Nations. (2017). *The United Nations world water development report 2017: Wastewater – The untapped resource*. UNESCO Publishing.
- World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). WHO Press.
- Wulandari, T., & El Sherra, B. (2024). Analisis kualitas air berdasarkan tingkat pencemaran bakteri coliform pada air Sungai Batang Agam Kota Payakumbuh. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 4(1), 737–746.