

Analysis of Total *Coliform* Fluctuations in Wastewater at WWTP Outlets Using the *Most Probable Number* (MPN) Method Based on Weekly Observations

Analisis Fluktuasi Total *Coliform* pada Air Limbah di Outlet IPAL Menggunakan Metode *Most Probable Number* (MPN) Berdasarkan Pengamatan Mingguan

Vara Citra Ananda¹, Yuni Ahda^{2*}

¹ Biology Study Program, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, West Sumatera, Indonesia

² Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Padang, West Sumatera, Indonesia

*Correspondence author: ahdayuni@fmipa.unp.ac.id.

Abstract: Wastewater that is not properly treated can be a source of environmental pollution because it contains pathogenic microorganisms, including Total *Coliform* bacteria as an indicator of biological pollution. This research aims to analyze the fluctuation of Total *Coliforms* in waste water at the *Waste Water Treatment Plant* (IPAL) outlet and evaluate the effectiveness of the waste treatment process based on weekly observations. Testing was carried out at the UPTD Environmental Laboratory of the West Sumatra Province Environmental Service during January–February 2026. The method used was the *Most Probable Number* (MPN) through the estimation test stage using *Lactose Broth* (LB) media and the confirmation test using *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB). The data was analyzed based on the number of positive gas-forming tubes and matched with the standard MPN table to determine the total number of *Coliforms* in MPN/100 mL units. The test results showed that the Total *Coliform* values in the first to fifth weeks were 1,300 MPN/100 mL, 1,700 MPN/100 mL, 20 MPN/100 mL, <18 MPN/100 mL, and 78 MPN/100 mL. All test results are still below the quality standard threshold of Minister of Environment and Forestry Regulation No. P.68 of 2016 is 3,000 MPN/100 mL. This research shows that regular monitoring of microbiological quality is necessary to maintain the effectiveness of waste processing and optimal stability of IPAL performance.

Key words: Wastewater, chlorine disinfection, wastewater Treatment Plant, *Most Probable Number*, Total *Coliform*.

Abstrak: Air limbah yang tidak diolah dengan baik dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan karena mengandung mikroorganisme patogen, termasuk bakteri Total *Coliform* sebagai indikator pencemaran biologis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis fluktuasi Total *Coliform* pada air limbah di outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) serta mengevaluasi efektivitas proses pengolahan limbah berdasarkan pengamatan mingguan. Pengujian dilakukan di UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat selama Januari–Februari 2026. Metode yang digunakan adalah *Most Probable Number* (MPN) melalui tahap uji pendugaan menggunakan media *Lactose Broth* (LB) dan uji penegasan menggunakan *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB). Data dianalisis berdasarkan jumlah tabung positif pembentuk gas dan dicocokkan dengan tabel standar MPN untuk menentukan jumlah Total *Coliform* dalam satuan MPN/100 mL. Hasil pengujian menunjukkan nilai Total *Coliform* pada minggu pertama hingga kelima berturut-turut yaitu 1.300 MPN/100 mL, 1.700 MPN/100 mL, 20 MPN/100 mL, <18 MPN/100 mL, dan 78 MPN/100 mL. Seluruh hasil pengujian masih berada di bawah

ambang batas baku mutu Peraturan Menteri LHK No. P.68 Tahun 2016 sebesar 3.000 MPN/100 mL. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemantauan kualitas mikrobiologis secara berkala diperlukan untuk menjaga efektivitas pengolahan limbah dan kestabilan kinerja IPAL secara optimal.

Kata kunci: Air limbah, Desinfeksi klorin, Instalasi Pengolahan Air Limbah, Most Probable Number, Total Coliform.

PENDAHULUAN

Air limbah merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang dapat menurunkan kualitas badan air apabila tidak diolah dengan baik sebelum dibuang ke lingkungan. Air limbah umumnya mengandung berbagai zat pencemar fisik, kimia, dan biologis yang berpotensi membahayakan ekosistem serta kesehatan masyarakat (Mojiri & Bashir, 2022). Salah satu parameter biologis yang penting dalam pengujian kualitas air limbah adalah bakteri Total *Coliform*. Kelompok bakteri ini digunakan sebagai indikator pencemaran biologis karena keberadaannya menunjukkan kemungkinan adanya kontaminasi mikroorganisme patogen dan kondisi sanitasi yang kurang baik (Wiratno dkk., 2023). Tingginya jumlah Total *Coliform* pada air limbah dapat meningkatkan risiko penyebaran penyakit melalui air (waterborne diseases) sehingga pemantauan kualitas mikrobiologis air limbah perlu dilakukan secara berkala (Sebayang dkk., 2025). Oleh sebab itu, pengujian kualitas mikrobiologis menjadi bagian penting dalam upaya pengendalian pencemaran lingkungan dan perlindungan kesehatan masyarakat.

Pengelolaan air limbah dilakukan melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang bertujuan untuk menurunkan kadar pencemar sebelum air dibuang ke lingkungan. Proses pengolahan pada IPAL meliputi tahapan fisik, kimia, dan biologis yang dirancang untuk mengurangi kandungan bahan organik maupun mikroorganisme patogen. Keberadaan IPAL memiliki peranan penting dalam menjaga kualitas lingkungan karena mampu menurunkan beban pencemaran pada air limbah. Namun demikian, efektivitas proses pengolahan limbah dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti beban pencemar, kondisi operasional, proses desinfeksi, debit air limbah, serta kestabilan sistem pengolahan (Septiana dkk., 2024). Apabila proses pengolahan tidak berjalan secara optimal, maka masih terdapat kemungkinan mikroorganisme patogen ditemukan pada air hasil olahan yang dibuang ke lingkungan. Oleh sebab itu, evaluasi terhadap kualitas air limbah pada bagian outlet IPAL sangat penting dilakukan untuk memastikan bahwa air hasil pengolahan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 Tahun 2016, ambang batas Total Coliform pada air limbah domestik adalah 3.000 MPN/100 mL.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam analisis mikrobiologi air limbah adalah metode *Most Probable Number* (MPN). Metode ini digunakan untuk memperkirakan jumlah bakteri berdasarkan pendekatan statistik melalui pembentukan gas pada media fermentasi laktosa (Nurkhalisa & Hikmah, 2024). Metode MPN menggunakan media cair, seperti *Lactose Broth* (LB) dan *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB), serta memanfaatkan pembentukan gas pada tabung Durham sebagai indikator pertumbuhan bakteri *Coliform*. Metode ini dipilih karena memiliki tingkat sensitivitas yang baik dan sesuai digunakan pada sampel air limbah yang keruh atau mengandung partikel tersuspensi. Selain itu, metode ini telah banyak digunakan dalam pengujian kualitas air dan direkomendasikan dalam standar pengujian mikrobiologi lingkungan (APHA, 2017).

UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu laboratorium yang melakukan pengujian kualitas lingkungan, termasuk pengujian mikrobiologi air limbah. Laboratorium ini menerapkan standar pengujian sesuai prosedur operasional dan sistem manajemen mutu laboratorium untuk menghasilkan data yang valid dan akurat. Pemantauan kualitas air limbah secara berkala sangat diperlukan untuk mengetahui efektivitas proses

pengolahan pada IPAL serta mencegah terjadinya pencemaran lingkungan akibat limbah yang belum memenuhi standar baku mutu. Oleh karena itu, penelitian mengenai fluktuasi Total *Coliform* pada air limbah di outlet IPAL penting dilakukan sebagai bentuk evaluasi terhadap efektivitas pengolahan limbah dan pengendalian pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis fluktuasi Total *Coliform* pada air limbah di outlet IPAL menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) berdasarkan pengamatan mingguan.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat yang berlokasi di Jalan Khatib Sulaiman No. 22, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Kegiatan penelitian dilakukan selama Januari hingga Februari 2026. Pengujian dilakukan pada sampel air limbah outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) untuk analisis Total *Coliform*.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi botol sampel steril, autoklaf, timbangan analitik, gelas ukur, erlenmeyer, gelas piala, tabung reaksi, tabung Durham, pipet mikro, botol reagen, laminar air flow (LAF), inkubator, hot plate dan magnetic stirrer, vortex, dispensette, jarum inokulasi (ose), lampu spiritus, lemari pendingin, freezer, serta alat pelindung diri (APD) berupa sarung tangan, masker, dan jas laboratorium. Bahan yang digunakan meliputi media *Buffered Peptone Water* (BPW), *Lactose Broth* (LB), *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB), akuades steril, dan sampel air limbah outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Desain Penelitian dan Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif kuantitatif. Pengujian dilakukan terhadap lima sampel air limbah outlet IPAL yang diamati setiap minggu (M1–M5). Setiap sampel diuji menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) dengan seri pengenceran hingga 10^{-5} . Pada setiap tingkat pengenceran digunakan lima tabung media sebagai ulangan pengujian. Rancangan pengujian meliputi uji pendugaan menggunakan media *Lactose Broth* (LB) dan uji penegasan menggunakan media *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB).

Prosedur Pengujian Total Coliform (Metode MPN)

Prosedur pengujian bakteri Total *Coliform* dengan metode *Most Probable Number* (MPN) ragam lima tabung diawali dengan tahap persiapan sampel dan pembuatan seri pengenceran. Sampel air limbah outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang telah dihomogenkan dipipet sebanyak 1 mL, kemudian dimasukkan ke dalam 9 mL larutan pengencer steril untuk memperoleh pengenceran 10^{-1} . Proses ini dilanjutkan secara bertingkat menggunakan *Buffered Peptone Water* (BPW) hingga diperoleh seri pengenceran 10^{-5} melalui tahapan homogenisasi pada setiap tingkat pengenceran.

Selanjutnya dilakukan uji pendugaan (*presumptive test*). Sebanyak 1 mL dari sampel awal diinokulasikan ke dalam lima tabung reaksi berisi media *Lactose Broth* (LB) berlabel 10^0 yang telah dilengkapi tabung Durham dalam posisi terbalik. Selain itu, 1 mL dari setiap tingkat pengenceran (10^{-1} hingga 10^{-5}) juga diinokulasikan ke dalam lima tabung LB sesuai tingkat pengencerannya. Seluruh tabung kemudian diinkubasi pada suhu $35-37^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam dan dapat dilanjutkan hingga 48 jam apabila belum terbentuk gas. Setelah inkubasi, dilakukan pengamatan terhadap kekeruhan dan pembentukan gas pada tabung Durham. Tabung yang menunjukkan adanya pembentukan gas dinyatakan sebagai hasil positif keberadaan *Coliform*.

Tahap berikutnya adalah uji penegasan (*confirmed test*) untuk memvalidasi hasil uji pendugaan. Satu ose dari masing-masing tabung LB yang menunjukkan hasil positif dipindahkan secara aseptis ke dalam tabung baru yang berisi media *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB) yang juga dilengkapi tabung Durham. Tabung BGLB kemudian diinkubasi pada suhu 35–37°C selama 24 jam hingga maksimal 48 jam. Terbentuknya gas pada tabung Durham di media BGLB menunjukkan hasil positif keberadaan *Total Coliform*.

Jumlah kombinasi tabung positif dari tiga tingkat pengenceran kemudian dicatat dan dibandingkan dengan Tabel Standar *Most Probable Number* (MPN) metode lima tabung untuk menentukan nilai indeks akhir yang dinyatakan dalam satuan MPN/100 mL.

Analisis Data

Data hasil pengujian *Total Coliform* dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan jumlah tabung positif yang menunjukkan pembentukan gas pada tabung Durham pada setiap tingkat pengenceran. Nilai estimasi *Total Coliform* per 100 mL ditentukan menggunakan tabel statistik *Most Probable Number* (MPN) berdasarkan pedoman *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017). Hasil pengujian dari lima kali pengamatan mingguan disusun dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat fluktuasi nilai MPN antarwaktu pengamatan. Data hasil pengujian selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 Tahun 2016 sebesar 3.000 MPN/100 mL untuk mengevaluasi kualitas mikrobiologis air limbah pada outlet IPAL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

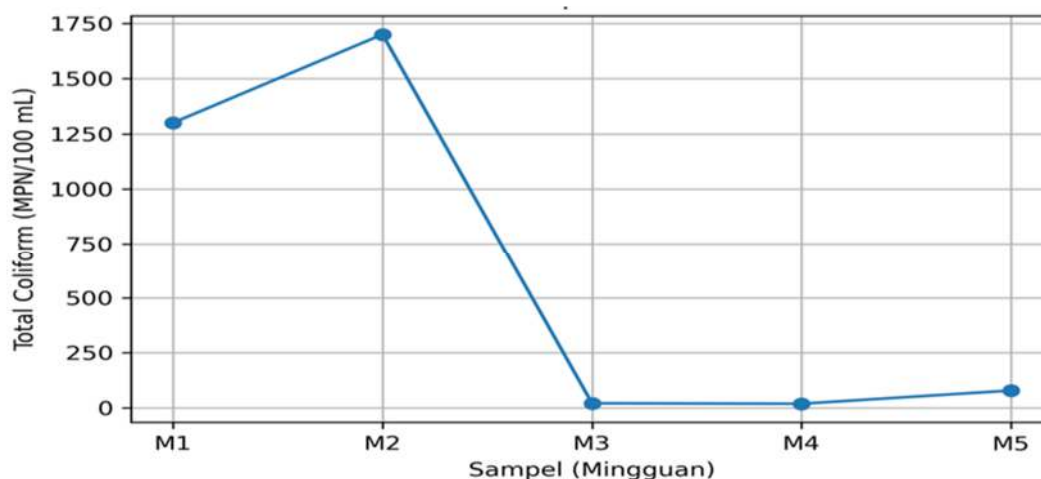
Hasil pengujian *Total Coliform* pada sampel air limbah outlet IPAL menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) selama lima minggu pengamatan disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai *Total Coliform* pada sampel air limbah outlet IPAL

N0	Jenis Sampel	Vol.Analit (ml)	Total <i>Coliform</i>								Ket. Baku Mutu (3.000/100 ml)
			Pengenceran					MPN dalam daftar	Jumlah (MPN/100 ml)		
			10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵			
1.	M1	1 ml	5	4	0	-	-	-	130	1.300	Memenuhi Standar
2.	M2	1 ml	5	4	1	-	-	-	170	1.700	Memenuhi Standar
3.	M3	1 ml	1	0	0	-	-	-	2	20	Memenuhi Standar
4.	M4	1 ml	0	0	0	-	-	-	<1,8	<18	Memenuhi Standar
5.	M5	1 ml	3	0	0	-	-	-	7,8	78	Memenuhi Standar

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN), jumlah *Total Coliform* pada sampel air limbah outlet IPAL menunjukkan fluktuasi selama lima minggu pengamatan. Nilai *Total Coliform* yang diperoleh berturut-turut sebesar 1.300 MPN/100 mL (M1), 1.700 MPN/100 mL (M2), 20 MPN/100 mL (M3), <18 MPN/100 mL (M4), dan 78 MPN/100 mL (M5). Tabel 1. menunjukkan adanya fluktuasi jumlah *Total Coliform* selama periode pengamatan. Nilai *Total Coliform* tertinggi ditemukan pada minggu kedua (M2), sedangkan nilai terendah ditemukan pada minggu keempat (M4).

Fluktuasi tersebut menunjukkan adanya perubahan kualitas mikrobiologis air limbah yang dipengaruhi oleh karakteristik limbah yang masuk ke sistem pengolahan, efektivitas proses pengolahan, serta proses desinfeksi yang diterapkan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).



Gambar 1. Grafik Fluktuasi Total *Coliform* pada sampel air limbah outlet IPAL

Pada minggu pertama (M1), jumlah Total Coliform sebesar 1.300 MPN/100 mL dan meningkat menjadi 1.700 MPN/100 mL pada minggu kedua (M2). Tingginya jumlah bakteri pada awal pengamatan diduga berkaitan dengan masih tersedianya bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroorganisme. Air limbah mengandung berbagai senyawa organik dan mikroorganisme yang dapat mendukung perkembangan bakteri apabila proses pengolahan belum berlangsung secara optimal (Mojiri & Bashir, 2022). Keberadaan bakteri indikator pencemaran pada suatu sumber air umumnya berkaitan dengan kondisi sanitasi dan tingkat kontaminasi mikrobiologis yang terjadi pada lingkungan tersebut (Riyanti dkk., 2022). Tingginya jumlah Total *Coliform* pada air limbah menunjukkan masih adanya pencemaran biologis yang perlu dikendalikan melalui proses pengolahan yang efektif (Erdiandini dkk., 2023; Hadi & Purwati, 2024). Hasil ini sejalan dengan penelitian Anggraeni & Irdawati (2025) yang melaporkan bahwa jumlah bakteri indikator pada sampel air dapat berfluktuasi sesuai dengan tingkat pencemaran dan efektivitas proses pengolahan yang diterapkan.

Total *Coliform* merupakan kelompok bakteri indikator yang umum digunakan untuk menilai kualitas mikrobiologis air karena keberadaannya berkaitan dengan tingkat pencemaran biologis pada suatu perairan (Wiratno dkk., 2023; ZP & Irdawati, 2024). Semakin tinggi jumlah Total *Coliform*, semakin besar kemungkinan terjadinya kontaminasi dari limbah organik maupun aktivitas manusia yang masuk ke sistem perairan (Yoantrista & Yuniarti, 2025). Oleh karena itu, parameter Total *Coliform* sering digunakan sebagai indikator keberhasilan proses pengolahan air limbah dan evaluasi kinerja IPAL (Hadi & Purwati, 2024; Imamah, 2025).

Pada minggu ketiga (M3), jumlah Total Coliform mengalami penurunan yang sangat signifikan menjadi 20 MPN/100 mL. Penurunan tersebut berlanjut pada minggu keempat (M4) hingga berada di bawah batas deteksi metode (<18 MPN/100 mL). Hasil ini menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah berlangsung secara efektif dalam mengurangi pencemar biologis. Bonetta dkk. (2022) menyatakan bahwa IPAL yang beroperasi secara optimal mampu menurunkan tingkat kontaminasi mikrobiologis secara signifikan sebelum efluen dibuang ke lingkungan. Selain itu, kombinasi proses

fisik, biologis, dan kimia dalam sistem pengolahan berperan penting dalam menurunkan jumlah mikroorganisme pada air limbah (Mojiri & Bashir, 2022; Faradila dkk., 2023).

Penurunan jumlah Total *Coliform* yang sangat besar pada M3 dan M4 diduga berkaitan dengan efektivitas proses desinfeksi menggunakan klorin. Klorin merupakan oksidator kuat yang mampu merusak membran sel, protein, dan materi genetik mikroorganisme sehingga menyebabkan inaktivasi bakteri. Kesar & Bhatti (2022) melaporkan bahwa penggunaan sodium hypochlorite (NaOCl) efektif digunakan sebagai desinfektan untuk menurunkan jumlah bakteri *Coliform* pada air limbah. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Lu dkk. (2022) yang menunjukkan bahwa penggunaan sodium hypochlorite mampu meningkatkan efisiensi inaktivasi mikroorganisme pada efluen IPAL apabila dosis dan waktu kontak diterapkan secara optimal.

Pada minggu kelima (M5), jumlah Total *Coliform* meningkat kembali menjadi 78 MPN/100 mL meskipun nilainya masih jauh lebih rendah dibandingkan minggu pertama dan kedua. Peningkatan kembali jumlah bakteri ini diduga disebabkan oleh variasi karakteristik influen yang masuk ke sistem pengolahan, berkurangnya residu desinfektan, atau adanya bahan organik yang masih dapat mendukung pertumbuhan kembali mikroorganisme. Fluktuasi jumlah *Coliform* seperti ini umum ditemukan pada sistem pengolahan air limbah dan dapat dipengaruhi oleh kondisi operasional IPAL serta efektivitas setiap unit pengolahan (Phitamara dkk., 2023; Septiana dkk., 2024).

Pengujian Total *Coliform* pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode Most Probable Number (MPN) yang direkomendasikan sebagai metode standar untuk analisis mikrobiologi air dan air limbah (APHA, 2017). Metode ini memanfaatkan kemampuan bakteri *Coliform* memfermentasi laktosa sehingga menghasilkan gas pada tabung Durham sebagai indikator pertumbuhan bakteri (Mayangsari dkk., 2023; Fadila dkk., 2024). Metode MPN dipilih karena memiliki sensitivitas yang baik untuk sampel air limbah yang umumnya memiliki tingkat kekeruhan tinggi (Nurkhalisa & Hikmah, 2024). Tahapan pengujian meliputi uji pendugaan dan uji penegasan sebagaimana dijelaskan oleh Akidah dkk. (2025), sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah *Coliform* secara akurat. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Sebayang dkk. (2025) yang melaporkan bahwa metode MPN efektif digunakan untuk mendeteksi cemaran bakteri *Coliform* pada sampel air limbah domestik.

Secara keseluruhan, seluruh hasil pengujian masih berada di bawah baku mutu Total *Coliform* untuk air limbah domestik berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 Tahun 2016 yaitu sebesar 3.000 MPN/100 mL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem IPAL mampu menurunkan jumlah Total *Coliform* secara efektif sehingga kualitas mikrobiologis air limbah hasil pengolahan masih memenuhi persyaratan lingkungan yang berlaku.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Elsa Yolarita, S.P., M.I.L. selaku pembimbing lapangan di UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat atas bimbingan, arahan, serta bantuan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh staf UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Barat atas bantuan dalam pengambilan dan pengujian sampel sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akidah NAT, Masri M, Ramadhani Z & Asrianti AM. 2025. Analisis Most Probable Number (MPN) bakteri Coliform pada sampel air minum sebagai upaya pemantauan kualitas air: Indonesia. *RITMA: Journal of Islamic Integrated Research, Science, and Community*. 3(2): 235-243.
- Anggraeni S & Irdawati. 2025. Analisis kualitas mikrobiologi air bersih pada fasilitas umum menggunakan indikator bakteri Coliform. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 4(1): 112-119.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF). 2017. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Edisi ke-23. Washington DC: APHA Press.
- Bonetta S, Pignata C, Gasparro E, Richiardi L, Bonetta S & Carraro E. 2022. Impact of wastewater treatment plants on microbiological contamination for evaluating the risks of wastewater reuse. *Environmental Sciences Europe*. 34(1): 20.
- Erdiandini I, Chusniasih D, Abidin Z, Sari M, Rahmawati E, Putri AN & Wijaya R. 2023. *Mikrobiologi Perairan*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Fadila SI, Yuniarti E & Yumna H. 2024. Uji bakteri *Escherichia coli* dan Coliform dengan metode MPN (Most Probable Number) pada uji kualitas air minum. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 3(2): 725-731.
- Faradila R, Huboyo HS & Syakur A. 2023. Rekayasa pengolahan air limbah domestik dengan metode kombinasi filtrasi untuk menurunkan tingkat polutan air. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 22(3): 342-350.
- Hadi A & Purwati SU. 2024. *Jaminan Mutu dan Verifikasi Metode Pengujian Mikrobiologi Lingkungan: Total Coliform dan Fecal Coliform dalam Air dan Air Limbah*. Bogor: IPB Press.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Lu H, Wang X, Li X & Zhang X. 2022. Study on the disinfection efficiency of the combined process of ultraviolet and sodium hypochlorite on the secondary effluent of the sewage treatment plant. *Processes*. 10(8): 1622.
- Mayangsari T, Latif UTA & Rosmah. 2023. Pengujian kualitas air limbah inlet Rumah Sakit Daerah Makassar menggunakan uji Most Probable Number (MPN). *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*. 3(2): 101-105.
- Mojiri A & Bashir MJK. 2022. Wastewater treatment: current and future techniques. *Water*. 14(3): 448.
- Nurkhalisa & Hikmah AM. 2024. Analisis cemaran bakteri Coliform dengan metode Most Probable Number (MPN) pada air minum isi ulang di Kelurahan Rawa Buaya. *Jurnal Medical Laboratory*. 3(1): 41-52.
- Phitamara A, Adityosulindro S & Astuti SK. 2023. Asesmen kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit XYZ. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*. 15(2): 146-160.
- Sebayang AA, Aritonang C, Silaban MO & Arwita W. 2025. Analisis cemaran bakteri Coliform pada air limbah domestik dengan metode MPN. *BIO-CONS: Jurnal Biologi dan Konservasi*. 7(1): 291-302.
- Septiana IF, Prayogo TB & Haribowo R. 2024. Studi evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal di RW 5 Kelurahan Tunggulwulung Kecamatan Lowokwaru Kota Malang. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*. 4(1): 1096-1108.
- Wiratno EN, Aliviyanti D, Djamaludin H & Dailami M. 2023. *Mikrobiologi Perairan*. Malang: Universitas Brawijaya Press.

- Yoantrista N & Yuniarti E. 2025. Aplikasi metode MPN untuk deteksi Coliform dan Colifecal sebagai parameter kualitas air sungai. Prosiding Seminar Nasional Biologi. 5(1): 903-912.
- ZP EM & Irdawati. 2024. Uji bakteri E. coli dan Coliform metode CFU dengan media Chromocult Coliform Agar pada sampel air bersih. Prosiding Seminar Nasional Biologi. 3(2): 658-663.