



**PENERAPAN PRINSIP BIOETIKA DALAM ANALISIS TOTAL COLIFORM PADA
PENGUJIAN AIR LIMBAH DI LABORATORIUM MIKROBIOLOGI BALAI
STANDARISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI (BSPJI) MEDAN**

Aaqillah Husnah Humairoh, Esra Novauli Sidabutar, Nadia Putri Tampubolon, Muhammad Yusuf
Nasution, Widya Arwita

Universitas Negeri Medan, Indonesia

*Corresponding author E-mail: aqillahabdulaziz@gmail.com, esranovauli09@gmail.com,
nadiaputritampubolon@gmail.com, yusufnasution1963@gmail.com, widyaarwita@unimed.ac.id

DOI : <https://doi.org/10.30605/bnsw2a64>

Accepted : 8 April 2026 Approved : 23 April 2026 Published : 24 April 2026

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan prinsip bioetika dalam pemeriksaan total coliform pada pengujian air limbah di Laboratorium Mikrobiologi Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Medan. Pengujian kualitas air limbah penting dilakukan untuk mengetahui tingkat kontaminasi mikroorganisme yang berpotensi membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari–Maret 2026 dengan menggunakan metode Most Probable Number (MPN) yang terdiri dari dua tahap pengujian, yaitu uji praduga dan uji penegasan. Sampel yang dianalisis adalah air limbah dengan kode 0074 (inlet) dan 0075 (outlet). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai total coliform pada sampel 0074 sebesar >1600 MPN/100 mL, sedangkan pada sampel 0075 sebesar 110 MPN/100 mL. Nilai tersebut masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan yaitu ≤ 3000 MPN/100 mL, sehingga menunjukkan bahwa proses pengolahan air limbah mampu menurunkan jumlah bakteri coliform. Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa prinsip bioetika yang meliputi prinsip manfaat, kejujuran, keadilan, dan tidak merugikan telah diterapkan selama proses pengambilan hingga pemeriksaan sampel. Dengan demikian, penerapan prinsip bioetika dalam kegiatan pengujian laboratorium sangat penting untuk menjamin keselamatan kerja, integritas ilmiah, serta perlindungan terhadap lingkungan dan masyarakat.

Keywords : Bioetika, Air limbah, Total coliform, Metode MPN, Kualitas air.

PENDAHULUAN

Bioetika berasal dari kata Yunani yaitu *Bios* dan *Ethos*. *Bios* berarti kehidupan, sedangkan *Ethos* berarti nilai moral. Konsep bioetika pertama kali dicetuskan oleh Van Rensselaer Potter (1970). Ia merupakan seorang ahli biokimia yang berupaya menghubungkan perkembangan ilmu pengetahuan yang besar dapat senantiasa mempertimbangkan nilai-nilai di lingkungan. Bioetika merupakan ilmu yang membahas tentang isu-isu etika yang berkaitan dengan isu moral, hukum, politik dan sosial yang relevan terutama di bidang kedokteran dan kesehatan (Inggas *et al.*, 2024).

Laboratorium mikrobiologi merupakan fasilitas yang digunakan untuk penelitian dan pengujian mikroorganisme, baik untuk kepentingan akademik, klinis, maupun industri (Sebayang *et al.*, 2025). Penerapan prinsip bioetika sangat penting untuk memastikan bahwa aktivitas penelitian tidak membahayakan peneliti, masyarakat, dan lingkungan sekitar (Sinurat *et al.*, 2024). Etika dalam penelitian mikrobiologi mencakup berbagai aspek, termasuk penghormatan terhadap hak asasi manusia, perlindungan terhadap lingkungan, dan penerapan standar keselamatan kerja yang tinggi. Bioetika juga mencakup prinsip keadilan, otonomi, dan tanggung jawab dalam setiap aktivitas penelitian yang melibatkan mikroorganisme. Tanpa adanya prinsip bioetika yang diterapkan dengan baik, risiko kontaminasi, infeksi, serta kecelakaan kerja dapat meningkat (Tamba *et al.*, 2025).

Berdasarkan data statistik pada tahun 2023, pertumbuhan industri di Indonesia diketahui pada tahun 2021 sebanyak 30.788 yang memberikan dampak positif maupun negatif. Salah satu konsekuensi dari banyaknya industri di Indonesia adalah peningkatan konsumsi dan pencemaran air, sehingga pengelolaan kualitas serta efisiensi penggunaannya menjadi isu strategis dalam pembangunan berkelanjutan. Industri tidak hanya memanfaatkan air sebagai bahan baku dan penunjang proses produksi, tetapi juga menghasilkan limbah cair yang berpotensi menurunkan daya dukung lingkungan apabila tidak memenuhi baku mutu. Dalam konteks ini, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia melalui Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri (BSPJI) yang berperan dalam pengujian, sertifikasi, dan penerapan standar

teknis, termasuk terkait kualitas air dan limbah industri yang diharapkan mampu memastikan bahwa pertumbuhan industri tetap selaras dengan prinsip perlindungan lingkungan, khususnya dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air (Indraswati, 2023).

Pengujian kualitas air limbah umumnya melibatkan analisis mikroorganisme indikator, salah satunya *Escherichia coli*, yang digunakan sebagai penanda kontaminasi fekal dan potensi risiko kesehatan masyarakat. Keberadaan *E. coli* dalam air limbah menunjukkan kemungkinan adanya patogen lain yang berbahaya, sehingga pemeriksaannya menjadi bagian penting dalam pengendalian mutu lingkungan dan perlindungan kesehatan (WHO, 2017). Proses analisis mikrobiologi tersebut menuntut penerapan prosedur laboratorium yang ketat, tidak hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari aspek etika dan keselamatan kerja. Dalam praktik laboratorium mikrobiologi, prinsip bioetika berperan sebagai landasan dalam memastikan bahwa setiap tahap pengujian dilakukan secara bertanggung jawab, aman, dan profesional. Penerapan bioetika mencakup kepatuhan terhadap standar biosafety, integritas dalam pengelolaan data, serta pengelolaan limbah biologis yang tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan (Madigan *et al.*, 2021). Selain itu, penerapan standar metode analisis yang baku membantu menjamin akurasi hasil pengujian sekaligus melindungi peneliti dari risiko paparan mikroorganisme berbahaya (APHA, 2017). Oleh karena itu, penerapan prinsip bioetika dalam analisis *Escherichia coli* pada pengujian air limbah menjadi aspek penting dalam meningkatkan mutu layanan laboratorium serta mendukung praktik penelitian yang berkelanjutan (Irianto, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan prinsip bioetika dalam pemeriksaan total coliform pada pengujian air limbah di Laboratorium Mikrobiologi Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Medan, serta mengevaluasi tingkat kontaminasi bakteri coliform pada sampel air limbah inlet dan outlet menggunakan metode Most Probable Number (MPN). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menilai kesesuaian hasil pengujian dengan baku mutu yang berlaku serta mengkaji implementasi prinsip bioetika yang meliputi

prinsip manfaat, kejujuran, keadilan, dan tidak merugikan dalam seluruh tahapan penelitian.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari-Maret 2026 yang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Medan, Sumatera Utara. Alat yang digunakan adalah botol sampel, tabung durham, gelas ukur, rak tabung reaksi, tabung reaksi, autoklaf, pipet volume, bunsen, oven, korek api dan pipet filler. Bahan yang digunakan adalah handscoon, ose, inkubator, media *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB), lactose broth, akuades, spritus dan sampel air limbah. Pada penelitian ini, sampel air limbah disediakan oleh laboratorium mutu lingkungan di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Medan

Sampel diuji dengan metode MPN (*Most Probable Number*) dimana terdapat 2 uji, yaitu praduga dan penegasan dengan tiap uji terdapat

5 seri tabung ganda. Pada pengujian tahap pertama (uji praduga), sampel air limbah diinokulasikan sebanyak 10 ml ke dalam lima tabung reaksi yang sudah diisi media *lactose broth* dan tabung durham. Perlakuan yang sama kemudian dilakukan dengan volume sampel 1 ml dan 0,1 ml pada masing-masing lima tabung reaksi. Seluruh sampel diinkubasi di dalam oven dengan suhu 35°C selama 2x24 jam (Sofia *et al.*, 2024). Selanjutnya, pada tahap pengujian kedua (uji penegasan), digunakan sampel yang telah diinkubasi pada tahap sebelumnya. Sampel dari tabung positif kemudian diambil menggunakan jarum ose secara aseptik dan dipindahkan ke dalam media BGLB pada masing-masing tabung untuk dilakukan inkubasi lanjutan.

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara deskriptif berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Hasil pemeriksaan sampel air limbah kemudian dibandingkan dengan tabel *Most Probable Number* (MPN) untuk menentukan total *Coliform* di dalam sampel.

HASIL PENELITIAN

Tabel 1 Data Hasil Pemeriksaan sampel air limbah dengan kode 0074 dan 0075

No	Kode Sampel	Uji Praduga	Uji Penegasan	Hasil MPN/mL
1.	0074	a. 5 tabung seri 10 mL positif	a. 5 tabung seri 10 mL positif	>1600 MPN/100 mL
		b. 5 seri 1 mL positif	b. 5 seri 1 mL positif	
		c. 5 tabung seri 0,1 mL positif	c. 5 tabung seri 0,1 mL positif	
2.	0075	a. 5 tabung seri 10 mL positif	a. 5 tabung seri 10 mL positif	110 MPN/100 mL
		b. 4 tabung dari 5 seri 1 mL positif	b. 3 tabung dari 5 seri 1 mL positif	
		c. 2 tabung dari 5 seri 0,1 mL positif	c. 1 tabung dari 5 seri 0,1 mL positif	

Berdasarkan pemeriksaan sampel air limbah setelah pengujian dengan menggunakan metode tabung ganda didapatkan pada kode sampel 0074 (air limbah inlet) dan kode sampel 0075 (air limbah outlet) didapatkan analisa hasil pengujian total coliform sebanyak >1600 MPN/100 mL pada sampel 0074 dan 110 MPN/100 mL pada sampel 0075. Pada kode sampel 0074 diperoleh hasil total coliform sebesar >1600 MPN/100 mL. Nilai tersebut menunjukkan bahwa jumlah bakteri coliform melebihi batas deteksi maksimum pada seri pengenceran yang digunakan pada metode tabung ganda. Oleh karena itu, nilai yang diperoleh tidak menunjukkan angka pasti, melainkan hanya menyatakan bahwa konsentrasi bakteri lebih besar dari 1600 MPN/100 mL. Dengan demikian, meskipun nilai tersebut masih berada di bawah baku mutu 3.000 MPN/100 mL, konsentrasi sebenarnya tidak dapat diketahui secara pasti sehingga tidak dapat dipastikan apakah nilai sebenarnya mendekati atau berpotensi melebihi baku mutu apabila dilakukan pengenceran lanjutan. Hasil yang didapatkan diketahui tidak melebihi ambang batas

total coliform yakni tidak lebih dari 3.000 MPN/100 mL Pemeriksaan ini berkaitan dengan penerapan prinsip bioetika yang diterapkan selama pengambilan dan pemeriksaan sampel air limbah. Berdasarkan hal tersebut, dianalisis bagaimana implementasi dari prinsip bioetik selama proses pengambilan dan pemeriksaan sampel. Analisis dilakukan dengan melihat apakah prinsip bioetik yang diberikan terpenuhi selama proses pengambilan dan pemeriksaan sampel air limbah. Analisis dilakukan dengan menggunakan tabel yang memuat setiap prinsip bioetik yang berkaitan, seperti di bawah ini:

Tabel 2 Data Pemeriksaan Prinsip Bioetika Pada Pemeriksaan Sampel Air Limbah 0074 dan 0075

No	Nama Sampel	Prinsip Biotek			
		Prinsip Manfaat	Prinsip Kejujuran	Prinsip Keadilan	Prinsip Tidak Merugikan
1.	0074 (Air limbah inlet)	✓	✓	✓	✓
2.	0075 (Air limbah outlet)	✓	✓	✓	✓

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa selama proses pengambilan hingga pemeriksaan sampel, penerapan prinsip bioetik telah terpenuhi pada empat dari lima prinsip yang ada, yaitu prinsip manfaat, prinsip kejujuran, prinsip keadilan, serta prinsip tidak merugikan.

Pembahasan

Pemeriksaan sampel air limbah dilakukan menggunakan metode tabung ganda yang terdiri dari dua tahap pengujian, yaitu uji praduga dan uji penegasan. Sampel yang dianalisis merupakan sampel limbah yang telah diberi kode, yaitu kode 0074 (air limbah inlet) dan kode 0075 (air limbah outlet). Pada sampel 0074 (air limbah inlet) diperoleh hasil positif pada seluruh 5 seri tabung. Pada seri pertama dengan volume 10 mL terdapat 5 tabung positif, pada seri kedua dengan volume 1 mL terdapat 5 tabung positif, dan pada seri ketiga dengan volume 0,1 mL juga diperoleh 5 tabung positif yang ditandai dengan terbentuknya gas pada tabung Durham pada media Lactose Broth. Tabung-tabung yang menunjukkan hasil positif kemudian dilanjutkan ke tahap uji penegasan dan diperoleh hasil yang sama, yaitu seluruh tabung pada kelima seri menunjukkan hasil positif. Sementara itu, pada sampel 0075 (air limbah outlet) pada uji praduga diperoleh 5 tabung positif pada seri pertama dengan volume 10 mL, 4 tabung positif pada seri kedua dengan volume 1 mL, dan 2 tabung positif pada seri ketiga dengan volume 0,1 mL. Selanjutnya pada uji penegasan diperoleh hasil 5 tabung positif pada seri pertama dengan volume 10 mL, 3 tabung positif pada seri kedua dengan volume 1

mL, dan 1 tabung positif pada seri ketiga dengan volume 0,1 mL.

Hasil pengujian selanjutnya dianalisis menggunakan tabel MPN sehingga diperoleh nilai total coliform pada sampel 0074 (air limbah inlet) sebesar >1600 MPN/100 mL dan pada sampel 0075 (air limbah outlet) sebesar 110 MPN/100 mL. Berdasarkan hasil pemeriksaan total coliform pada sampel air limbah di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Medan, diketahui bahwa beberapa prinsip bioetika dalam penelitian ini telah diterapkan dengan baik dan sesuai. Dari lima prinsip yang ada, beberapa di antaranya telah berhasil diimplementasikan. Prinsip-prinsip bioetik yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi: Prinsip manfaat, prinsip ini telah diterapkan karena penelitian yang dilakukan memberikan manfaat bagi masyarakat, khususnya dalam memberikan informasi bahwa air limbah yang berasal dari suatu pabrik berpotensi membahayakan kesehatan. Prinsip keadilan, penerapan prinsip ini telah terpenuhi karena seluruh mekanisme pemeriksaan dilakukan secara sama dan sesuai prosedur, baik pada tahap pengambilan sampel maupun selama proses penelitian dengan tetap memperhatikan aspek keselamatan. Prinsip kejujuran, prinsip ini juga telah diterapkan dalam penelitian, karena peneliti melaksanakan pemeriksaan serta melaporkan hasil sesuai dengan data yang diperoleh tanpa adanya perubahan atau manipulasi. Prinsip tidak merugikan, prinsip ini telah dilaksanakan karena selama proses penelitian peneliti tidak menimbulkan kerugian bagi pihak manapun.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan sampel air limbah dengan metode tabung ganda dan analisis tabel MPN, diperoleh nilai total coliform pada sampel 0074 (air limbah inlet) sebesar >1600 MPN/100 mL dan pada sampel 0075 (air limbah outlet) sebesar 110 MPN/100 mL yang masih berada di bawah baku mutu ≤3000 MPN/100 mL, sehingga menunjukkan bahwa pengolahan air limbah telah menurunkan jumlah bakteri coliform, oleh karena itu disarankan agar pemantauan kualitas air limbah dilakukan secara berkala, pengolahan limbah tetap dioptimalkan sebelum dilepaskan ke lingkungan, serta penerapan prinsip bioetika dalam penelitian terus dipertahankan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar dilakukan penelitian lanjutan terkait optimalisasi proses pengolahan air limbah guna memastikan kualitas air limbah benar-benar aman sebelum dilepaskan ke lingkungan. Upaya yang dapat dikaji lebih lanjut meliputi penggunaan metode pengolahan tambahan seperti disinfeksi (klorinasi, ozonisasi, atau sinar UV) untuk menurunkan jumlah mikroorganisme patogen secara lebih efektif. Selain itu, penelitian selanjutnya juga diharapkan dapat melakukan pengujian parameter mikrobiologi lain seperti *Escherichia coli* secara spesifik, serta parameter fisika-kimia untuk memperoleh gambaran kualitas air limbah yang lebih komprehensif. Pemantauan kualitas air limbah secara berkala juga perlu ditingkatkan untuk menjamin konsistensi hasil pengolahan.

DAFTAR RUJUKAN

- American Public Health Association. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater (23rd ed.). American Public Health Association.
- Badan Pusat Statistik. (2023, October 2). Jumlah industri pengolahan besar dan sedang, Jawa dan luar Jawa, 2019–2021. Badan Pusat Statistik.
- Indraswati, D. (2023). *MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN*. Magetan: POLTEKKES SURABAYA.
- Inggas, M. A. M., Sulistiadi, W., Windasari, N., Pranoto, A. E., Hariyani, I. P., Sirada, A., Fathuh, M. S., Ayu, I. Y., Fauziah, Y. A., Christyaningsih, J., Yen, L. D., & Masriadi. (2024). Bioetika dalam hukum kesehatan. Eureka Media Aksara. <https://repository.penerbiteitureka.com/media/publications/588676-bioetika-dalam-hukum-kesehatan-92657646.pdf>
- Irianto, K. (2017). *SISTEM TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH*. Denpasar: Warmadewa University Press.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2021). Brock biology of microorganisms (16th ed.). Pearson.
- Sebayang, A., Aritonang, C., Lubis, K., & Situmorang, N. (2025). PENERAPAN PRINSIP ETIKA PENGOLAHAN LIMBAH LABORATORIUM BIOLOGI DI BALAI LABORATORIUM KESEHATAN MASYARAKAT KOTA MEDAN. *Bioscientiae*, 22(2), 106-119.
- Sinurat, A., Situmorang, N., Sinaga, P. W., Aprisa, N., & Pulungan, A. S. S. (2024). Evaluasi bioetika privasi data dan integritas ilmiah serta biosecurity di laboratorium Kota Medan. *Jurnal Pendidikan Kreativitas Pembelajaran*, 6(3). World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). World Health Organization.
- Sodia, M., Febriyoss, A., Rambe, A, N, F., & Muliandhira, C, S. (2024). Implementasi Prinsip Bioetika dalam Pemeriksaan *Eshericia coli* Pada Sampel Air Limbah Rumah Sakit. *Biogenerasi*, 9(2), 2579-7085.
- Sudiana, I, Made & Sudigarsaya, I, Gede (2020). Analisis cemaran bakteri coliform dan eschericia coli pada depot air minum isi ulang (DAMIU). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan dan Farmasi*, 20(1), 52-61.
- Syamsul. (2020). Efektifitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Sinar Kasih Toraja Kabupaten Tana Toraja Provinsi Sulawesi Selatan . Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Tamba, W, O, V., Bangun, M, A., Siregar, M, A., Situmorang, N., & Lubis, K. (2025). PENERAPAN BIOETIK DALAM KESELAMATAN DAN KEAMANAN KEGIATAN PENELITIAN PADA LABORATORIUM MIKROBIOLOGI DI DAERAH SUMATERA UTARA. *Jurnal Ilmiah Kajian Multidisipliner*, 9(3), 2110-2151.