

SKRIPSI

**PERBANDINGAN HASIL PEMERIKSAAN BAKTERI COLIFORM PADA
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) MENGGUNAKAN
METODE *MOST PROBABLE NUMBER* (MPN) RAGAM 3–3–3 DAN
5–5–5 DI UPTD PUSKESMAS KEMBANG JANGGUT
KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA**



**Oleh :
ANGGIE GIRI NANDES
NIM : 2410263669**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2026**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Karena menyediakan sarana penghidupan, air sangat mendasar bagi keberadaan manusia. Banyak fungsi tubuh bergantung pada air, termasuk pencernaan, penyerapan nutrisi, pembuangan limbah dan racun, sirkulasi darah, hidrasi kulit, pengaturan suhu, dan keseimbangan cairan (Agnes dkk., 2024). Menurut Amalina dkk. (2024), ketika zat, energi, atau makhluk hidup dimasukkan ke dalam air, kualitas air menurun di bawah titik tertentu, yang pada gilirannya mengganggu dan membuat air tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Penurunan kualitas air dapat disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia yang memasukkan zat, energi, makhluk hidup, dan komponen lain ke dalam air (Narulitta dkk., 2023).

Aktivitas manusia menghasilkan berbagai jenis sampah, yang dapat berkontribusi pada pencemaran air. Laboratorium klinis menghasilkan limbah padat dan cair, baik infeksius maupun non-infeksius, sebagai akibat dari aktivitas perawatan kesehatan (Sulistiyawati, 2020). Bahan yang dibuang atau tidak dapat digunakan lagi tanpa nilai moneter dikenal sebagai limbah. Sampah padat dan limbah cair adalah dua dari sekian banyak jenis limbah yang ada. Menurut Nurlitta dkk. (2023), limbah cair dapat dihasilkan oleh berbagai sumber publik dan swasta, termasuk rumah tangga, bisnis, rumah sakit, dan pusat perbelanjaan. Jenis sampah ini sering mengandung unsur-unsur yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

Limbah cair mengandung kuman dan bakteri, termasuk bakteri koliform, yang merupakan polutan. Menurut Sebayang dkk. (2025), bakteri koliform, yang merupakan anggota keluarga Enterobacteriaceae, sering digunakan sebagai penanda kontaminasi air. Bakteri koliform bersifat aerobik, berbentuk batang, Gram-negatif, dan tidak menghasilkan spora. Kontaminasi air dapat terjadi ketika konsentrasi bakteri koliform dalam air lebih tinggi dari tingkat yang dapat diterima; tanpa pengolahan, orang yang minum air yang tercemar berisiko terkena berbagai penyakit, termasuk infeksi saluran kemih (ISK), pneumonia, diare, dan keracunan (Narulitta dkk., 2023).

Analisis mikrobiologis koliform dalam air dapat mengungkapkan apakah air tersebut layak untuk dikonsumsi manusia, budidaya ikan, peternakan, dan penggunaan umum lainnya. Beberapa penyakit, termasuk penyakit kulit dan diare, dapat disebabkan oleh konsumsi air yang mengandung bakteri koliform (Sabila dan Setyaningrum, 2023). Karena bakteri bergantung pada air untuk bertahan hidup, pengujian mikrobiologis air merupakan indikator penting kontaminasi lingkungan (Rizky dkk., 2023).

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tentang Pelaksanaan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Pemerintah Republik Indonesia, 2021) mengatur persyaratan kualitas air di Indonesia. Sebagai referensi penting dalam pengelolaan kualitas air untuk mengurangi risiko kesehatan yang disebabkan oleh kontaminasi mikrobiologis, peraturan ini menetapkan batas konsentrasi maksimum untuk koliform total dan koliform tinja (*Escherichia coli*) dalam air sungai berdasarkan kategori kelas

sungai, yaitu 5.000 MPN/100 mL untuk koliform total dan 1.000 MPN/100 mL untuk *E. coli* (Rahmiani, 2022). Metode Most Probable Number (MPN) adalah alat yang populer untuk bakteriologi koliform karena dapat memperkirakan jumlah bakteri dari pertumbuhannya dalam media selektif, sehingga ideal untuk tujuan deteksi dan kuantifikasi.

Untuk mendeteksi dan memperkirakan jumlah bakteri, seperti coliform dan *E. coli*, dalam sampel udara, teknik Most Probable Number metode semi kuantitatif umum digunakan (Safitri dan Djasfar, 2023). Metode ini terdiri dari tiga langkah utama: uji pendahuluan (dugaan) untuk mendeteksi bakteri koliform secara keseluruhan, uji rinci (konfirmasi) untuk memastikan keberadaan bakteri koliform tertentu, dan uji akhir (selesai) (Misrofah dan Purwantisari, 2021). Prosedur pengambilan sampel meliputi pengumpulan sampel, merendamnya dalam media yang meningkatkan konsentrasi udara, kemudian memberi gas pada bakteri untuk mengurangi jumlah bakteri menggunakan tabel statistik MPN (Jiwintarum dan Agrijanti, 2017). Analisa metode MPN ini dalam akurasi pembelajaran terhadap konsentrasi rendah, jumlah tabung uji yang digunakan, dan kerutan media sesuai bakteri target yang akan diuji, maka metode ini efektif untuk memantau kualitas mikrobiologi udara (Sabila dan Setyaningrum, 2023).

Unit organisasi yang melayani kesehatan masyarakat dengan menyediakan layanan kesehatan yang komprehensif dan merata kepada seluruh anggota masyarakat dikenal sebagai Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas). Tanggung jawab untuk melindungi lingkungan dan kesehatan

masyarakat terletak pada puskesmas dan lembaga kesehatan lainnya. Selain itu, perlu dipastikan bahwa pemotongan, penggilingan, dan pembentukan gigi tidak membahayakan tubuh dan lingkungan (Rosdiana dkk., 2023).

Hasil perbandingan evaluasi mikrobiologis di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menggunakan metode MPN ragam 3-3-3 dan 5-5-5 di UPTD Puskesmas Kembang Janggut didasarkan pada temuan tersebut. Untuk mendeteksi dan mengukur jumlah bakteri koliform, digunakan metode MPN. Menurut Sunarti (2015), pengujian MPN dilakukan dengan rasio 3-3-3 menggunakan 9 tabung (3×10 mL, 3×1 mL, dan $3 \times 0,1$ mL) dan rasio 5-5-5 menggunakan 15 tabung (5×10 mL, 5×1 mL, dan $5 \times 0,1$ mL). Jumlah kertas yang digunakan dapat memengaruhi sensitivitas pengujian; dengan kata lain, semakin banyak kertas yang digunakan per kelompok, semakin tinggi sensitivitas hasilnya. Hal ini memungkinkan penentuan nilai indeks yang lebih akurat berdasarkan tabel MPN ketika memeriksa jumlah koliform (Dewi dan Gusnita, 2019).

Tujuan pengujian kualitas udara adalah untuk memastikan bahwa udara dari berbagai sumber memenuhi standar atau persyaratan minimum udara kelas II, sebagaimana tercantum dalam Keputusan Presiden No. 22 Tahun 2021 tentang Penetapan Perlindungan dan Peningkatan Kualitas Udara di Indonesia.

1.2. Perumusan Masalah

1. Berapakah jumlah bakteri coliform yang terdeteksi pada IPAL UPTD Puskesmas Kembang Janggut menggunakan metode MPN ragam 3-3-3?

2. Berapakah jumlah bakteri coliform yang terdeteksi pada IPAL UPTD Puskesmas Kembang Janggut menggunakan metode MPN ragam 5-5-5?
3. Apakah terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil pemeriksaan bakteri coliform pada IPAL di UPTD Puskesmas Kembang Janggut Kabupaten Kutai Kartanegara menggunakan metode MPN ragam 3-3-3 dan 5-5-5?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan hasil pemeriksaan jumlah bakteri coliform pada sampel Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di UPTD Puskesmas Kembang Janggut menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) dengan ragam 3-3-3 dan 5-5-5.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui hasil pemeriksaan bakteri coliform pada air limbah IPAL menggunakan metode MPN ragam 3-3-3.
2. Mengetahui hasil pemeriksaan bakteri coliform pada air limbah IPAL menggunakan metode MPN ragam 5-5-5.
3. Membandingkan hasil pemeriksaan bakteri coliform antara metode MPN ragam 3-3-3 dan 5-5-5 untuk menilai efektivitas atau keakuratan kedua metode dalam menentukan jumlah bakteri coliform pada air limbah IPAL.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami efektivitas dan keakuratan metode MPN ragam 3–3–3 dan 5–5–5 dalam mendeteksi bakteri coliform, serta dapat menjadi dasar teoritis dalam menentukan metode MPN yang lebih efisien dan representatif untuk pemeriksaan kualitas mikrobiologis pada IPAL.

1.4.2. Manfaat Praktis

1. Bagi UPTD Puskesmas Kembang Janggut

Memberikan informasi mengenai kualitas air limbah yang dihasilkan, khususnya dari segi kandungan bakteri coliform, sehingga dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dan perbaikan sistem pengolahan limbah, serta sebagai dasar dalam meningkatkan kepatuhan terhadap baku mutu lingkungan yang berlaku.

2. Bagi Instansi Terkait

Menjadi bahan pertimbangan dalam pengawasan serta pengambilan kebijakan terkait pengelolaan limbah medis dan nonmedis pada fasilitas pelayanan kesehatan.

3. Bagi Masyarakat

Meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengolahan air limbah yang memenuhi standar kesehatan lingkungan guna mencegah pencemaran serta risiko terhadap kesehatan masyarakat sekitar.

BAB V

PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan jumlah bakteri coliform pada sampel air limbah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) UPTD Puskesmas Kembang Janggut menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) ragam 3–3–3 menunjukkan nilai 190 MPN/100 mL pada ulangan pertama dan 190 MPN/100 mL pada ulangan kedua, dengan rerata 190 MPN/100 mL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa air limbah masih mengandung bakteri indikator pencemaran dalam jumlah tertentu. Metode MPN ragam 3–3–3 merupakan konfigurasi yang umum digunakan dalam analisis mikrobiologis air dan air limbah karena relatif sederhana dan efisien dalam memberikan estimasi jumlah bakteri indikator (American Public Health Association, 2023). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan jumlah tabung yang lebih sedikit pada metode MPN masih mampu menggambarkan tingkat pencemaran mikrobiologis, meskipun memiliki tingkat ketelitian yang lebih rendah dibandingkan dengan konfigurasi jumlah tabung yang lebih banyak (Ramírez-Castillo et al., 2019). Selain itu, variasi jumlah bakteri coliform dalam air limbah dapat dipengaruhi oleh distribusi mikroorganisme yang tidak merata serta karakteristik sampel yang heterogen (World Health Organization, 2017).

Hasil pemeriksaan jumlah bakteri coliform pada sampel air limbah menggunakan metode MPN ragam 5–5–5 menunjukkan nilai 240 MPN/100 mL pada ulangan pertama dan 330 MPN/100 mL pada ulangan kedua, dengan rerata 285 MPN/100 mL. Nilai tersebut secara deskriptif lebih tinggi dibandingkan

dengan hasil pemeriksaan menggunakan ragam 3–3–3. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh penggunaan jumlah tabung yang lebih banyak pada setiap tingkat pengenceran, sehingga peluang deteksi bakteri menjadi lebih besar dan estimasi jumlah bakteri indikator menjadi lebih sensitif (Health Canada, 2020). Metode MPN dengan jumlah tabung yang lebih banyak juga diketahui dapat meningkatkan ketelitian dalam estimasi jumlah bakteri indikator, meskipun peningkatan tersebut tidak selalu menghasilkan perbedaan yang bermakna secara statistik (American Public Health Association, 2023). Selain itu, variasi jumlah coliform dalam air limbah tetap dapat dipengaruhi oleh distribusi mikroorganisme yang tidak merata serta karakteristik sampel yang heterogen (World Health Organization, 2017).

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan rerata jumlah bakteri coliform antara metode MPN ragam 3–3–3 dan ragam 5–5–5, yaitu masing-masing sebesar 190 MPN/100 mL dan 285 MPN/100 mL. Secara deskriptif, metode MPN ragam 5–5–5 menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan ragam 3–3–3. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh jumlah tabung yang digunakan pada masing-masing metode, di mana semakin banyak jumlah tabung yang digunakan, maka peluang deteksi bakteri menjadi lebih besar sehingga estimasi jumlah bakteri cenderung lebih tinggi. Metode MPN merupakan metode estimasi yang bersifat probabilistik, sehingga hasil yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh distribusi mikroorganisme dalam sampel yang tidak selalu merata (American Public Health Association, 2023). Oleh karena itu, perbedaan antara kedua ragam tersebut tidak hanya disebabkan oleh jumlah tabung, tetapi juga dipengaruhi oleh variasi distribusi jumlah coliform dalam sampel air limbah (World Health Organization, 2017).

Hasil uji statistik menggunakan *Independent Samples Test* menunjukkan nilai p sebesar 0,282 ($p > 0,05$), yang berarti tidak terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara hasil pemeriksaan jumlah bakteri coliform menggunakan metode MPN ragam 3–3–3 dan ragam 5–5–5. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun secara deskriptif terdapat perbedaan rerata antara kedua metode, perbedaan tersebut belum cukup kuat secara statistik untuk dinyatakan signifikan. Tidak adanya perbedaan yang bermakna secara statistik dapat dipengaruhi oleh jumlah sampel dan pengulangan pemeriksaan yang terbatas, sehingga variasi data yang diperoleh belum cukup besar untuk menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selain itu, sifat metode MPN yang berbasis estimasi probabilistik juga dapat menyebabkan variasi hasil yang cukup tinggi, sehingga perbedaan antar metode tidak selalu terdeteksi secara statistik (American Public Health Association, 2023).

Hasil pemeriksaan jumlah bakteri coliform pada penelitian ini juga dipengaruhi oleh karakteristik air limbah IPAL yang bersifat dinamis dan heterogen. Air limbah mengandung berbagai komponen seperti bahan organik, padatan tersuspensi, serta mikroorganisme dengan jumlah dan distribusi yang dapat berubah dalam waktu relatif singkat. Kondisi tersebut menyebabkan distribusi jumlah coliform di dalam sampel tidak selalu merata, sehingga hasil pemeriksaan dengan metode berbasis estimasi seperti MPN dapat menunjukkan variasi nilai meskipun berasal dari sumber yang sama (World Health Organization, 2017). Selain itu, titik pengambilan sampel pada outlet IPAL yang merepresentasikan kualitas akhir air limbah sebelum dibuang ke lingkungan juga dapat memengaruhi hasil pemeriksaan. Variasi kondisi operasional IPAL serta fluktuasi beban limbah

yang masuk dapat menyebabkan perubahan jumlah bakteri indikator dalam air limbah. *United States Environmental Protection Agency* (2022) menyatakan bahwa heterogenitas air limbah merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi variasi hasil pemeriksaan bakteri indikator, sehingga hasil yang diperoleh perlu diinterpretasikan sesuai dengan kondisi dan waktu pengambilan sampel.

Penafsiran hasil penelitian ini perlu mempertimbangkan beberapa keterbatasan yang dapat memengaruhi hasil pemeriksaan jumlah bakteri coliform. Jumlah sampel dan pengulangan pemeriksaan yang terbatas dapat memengaruhi kekuatan analisis statistik dalam mendeteksi perbedaan antar ragam metode MPN, terutama mengingat metode ini bersifat estimasi probabilistik (*American Public Health Association*, 2023). Selain itu, pengambilan sampel yang hanya dilakukan pada satu titik outlet IPAL menyebabkan hasil penelitian ini merepresentasikan kondisi pada waktu dan lokasi tertentu, sehingga variasi temporal dan spasial air limbah belum sepenuhnya terwakili. Distribusi bakteri indikator dalam air limbah dapat berfluktuasi seiring perubahan kondisi lingkungan dan operasional IPAL (*World Health Organization*, 2017). Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu diinterpretasikan dengan mempertimbangkan keterbatasan tersebut.