

Analisis Kualitas Mikrobiologis Air Sungai melalui Deteksi Total *Coliform* dan *Escherichia coli* menggunakan Metode *Most Probable Number* (MPN)

Natasha Agustina, Ika Afifah Nugraheni*, Ainun Naim

^{1,2}Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Aisyiyah Yogyakarta

³Laboratorium Mikrobiologi dan Reagensia, Balai Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan, DIY

*Email: ikaafifah@unisayogya.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas mikrobiologis air sungai di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) melalui deteksi total *Coliform* dan *Escherichia coli* menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN). Air, sebagai sumber daya vital, sangat rentan terhadap pencemaran akibat aktivitas manusia, seperti pembuangan limbah, yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat. Keberadaan bakteri *Coliform*, terutama *Coliform* non fekal dan fekal (*E. coli*), menjadi indikator penting pencemaran mikrobiologis. Dalam penelitian ini, metode MPN diterapkan untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi bakteri melalui uji penduga menggunakan *Lauryl Tryptose Broth* (LTB), uji penegas dengan *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB), dan pemeriksaan *E. coli* menggunakan *Escherichia Coli Broth* (ECB). Analisis kualitas air dilakukan berdasarkan baku mutu air sungai kelas II yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021, di mana konsentrasi maksimum untuk total *Coliform* adalah 5.000 MPN/100 ml dan untuk *E. coli* adalah 1.000 MPN/100 ml. Hasil menunjukkan bahwa sampel S1, S2, S3, S4, S6, dan S7 memenuhi baku mutu dengan kadar total *Coliform* antara 33×10^1 hingga 23×10^2 MPN/100 ml dan kadar *E. coli* antara 33×10^1 hingga 79×10^1 MPN/100 ml. Sebaliknya, sampel S5 dan S8 memiliki kadar total *Coliform* yang sangat tinggi (170×10^3 dan 79×10^2 MPN/100 ml) serta *E. coli* yang jauh melebihi batas (130×10^3 , 23×10^2 , dan 49×10^2 MPN/100 ml). Variasi kadar bakteri ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan aktivitas manusia, seperti pembuangan limbah domestik dan lokasi pengambilan sampel. Hasil penelitian ini menekankan pentingnya pengelolaan limbah yang baik dan pemantauan kualitas air secara berkala untuk menjaga kesehatan lingkungan dan mencegah risiko pencemaran lebih lanjut.

Kata Kunci: Air sungai, *Coliform*, *Escherichia coli*, *Most Probable Number* (MPN)

Analysis of Microbiological Quality of River Water through Detection of Total *Coliform* and *Escherichia coli* using the Most Probable Number (MPN) Method

Abstract

This study aims to analyze the microbiological quality of river water in the Special Region of Yogyakarta (DIY) through the detection of total *Coliform* and *Escherichia coli* using the Most Probable Number (MPN) method. Water, as a vital resource, is highly susceptible to pollution from human activities, such as waste disposal, which can jeopardize public health. The presence of *Coliform* bacteria, particularly fecal non *Coliform* and *E. coli*, serves as important indicators of microbiological contamination. In this study, the MPN method was applied to detect and quantify bacteria through presumptive testing using *Lauryl Tryptose Broth* (LTB), confirmatory testing with *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB), and examination of *E. coli* using *Escherichia Coli Broth* (ECB). Water quality analysis was conducted based on the water quality standards for Class II rivers established in Government Regulation of the Republic of Indonesia No. 22 of 2021, which sets the maximum concentration for total *Coliform* at 5,000 MPN/100 ml and for *E. coli* at 1,000 MPN/100 ml. The results showed that samples S1, S2, S3, S4, S6, and S7 met the quality standards, with total *Coliform* levels ranging from 33×10^1 to 23×10^2 MPN/100 ml and *E. coli* levels from 33×10^1 to 79×10^1 MPN/100 ml. Conversely, samples S5 and S8 exhibited very high total *Coliform* levels (170×10^3 and 79×10^2 MPN/100 ml) and *E. coli* levels significantly exceeding the limits (130×10^3 , 23×10^2 , and 49×10^2 MPN/100 ml), indicating serious pollution. The variation in bacterial levels is influenced by environmental factors and human activities, such as domestic waste disposal and the sampling locations. The findings emphasize the importance of effective waste management and regular water quality monitoring to safeguard environmental health and prevent further pollution risks.

Keywords: River water, *Coliform*, *Escherichia coli*, Most Probable Number (MPN).

1. Pendahuluan

Air adalah senyawa esensial bagi semua makhluk hidup dan memainkan peran penting dalam sektor pertanian, industri, perikanan, rumah tangga, dan rekreasi, menjadikannya sumber daya tak tergantikan (Nurbaya dkk., 2023). Sungai, sebagai sumber utama air permukaan, sangat penting dalam penyediaan air untuk berbagai keperluan, namun rentan terhadap pencemaran akibat aktivitas manusia, seperti pembuangan limbah domestik dan industri, yang menurunkan kualitas air dan membahayakan kesehatan serta ekosistem (Mardeansyah dan Ma'arief, 2022; Adji dkk., 2023). Salah satu indikator utama kualitas air adalah mikrobiologi, termasuk bakteri *Coliform* yang sering digunakan sebagai penanda pencemaran (Pratiwi dkk., 2019). Pemantauan kualitas air sungai secara berkelanjutan menjadi krusial untuk memastikan lingkungan yang sehat dan aman (Mardizal dkk., 2024)

Keberadaan bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* sering digunakan sebagai indikator kualitas mikrobiologi air, karena kedua bakteri ini mencerminkan tingkat pencemaran oleh bahan organik dan patogen (Annisa, 2021). *Coliform* terbagi menjadi dua, yaitu *Coliform* fekal, yang berasal dari tinja manusia dan hewan termasuk *E. coli*, serta *Coliform non* fekal, yang berasal dari hewan atau tanaman mati. Bakteri *Coliform* digunakan sebagai indikator umum pencemaran, sedangkan *E. coli* secara spesifik mengindikasikan adanya kontaminasi *fecal* (feses/tinja), yang sangat berisiko bagi kesehatan manusia. *E. coli* menjadi indikator penting karena jumlah koloninya berkorelasi positif dengan bakteri patogen. Tingginya konsentrasi bakteri ini dalam air dapat memicu berbagai penyakit, seperti diare dan infeksi saluran pencernaan (Rophi, 2022). Oleh karena itu, pengawasan terhadap keberadaan total *Coliform* dan *E. coli* sangat penting dalam evaluasi kualitas air untuk keperluan kesehatan masyarakat.

Most Probable Number (MPN) adalah teknik semi-kuantitatif yang umum digunakan untuk mendeteksi dan memperkirakan jumlah bakteri, seperti *Coliform* dan *E. coli* pada sampel air (Safitri dan Djasfar, 2023). Metode ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu: Uji penduga (*presumptive test*) untuk mendeteksi *Coliform* secara umum; uji penegas (*confirmative test*) untuk mengkonfirmasi keberadaan *Coliform* spesifik; dan uji pelengkap (*completed test*) (Misrofah dan Purwantisari, 2021). Prosesnya mencakup pengenceran sampel, inkubasi dalam media pertumbuhan cair, dan pengamatan gas yang dihasilkan bakteri untuk menghitung jumlah bakteri menggunakan tabel statistik MPN (Jiwintarum dan Agrijanti, 2017). Keunggulan MPN terletak pada sensitivitasnya terhadap konsentrasi rendah, akurasi yang dapat ditingkatkan dengan jumlah tabung uji, serta fleksibilitas media sesuai bakteri target. Hal ini menjadikan MPN sebagai metode yang efektif untuk pemantauan kualitas mikrobiologi (Sabila dan Setyaningrum, 2023).

Baku mutu air di Indonesia diatur melalui Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Peraturan ini menetapkan batas maksimum konsentrasi total *Coliform* dan *Coliform fekal* (*E. coli*) dalam air sungai sesuai dengan kategori kelas sungai, yaitu 5.000 MPN/100 ml untuk total *Coliform* dan 1.000 MPN/100 ml untuk *E. coli*, sebagai acuan penting dalam pengelolaan kualitas air untuk meminimalkan risiko kesehatan akibat pencemaran mikrobiologi (Rahmiani, 2022). Secara mikrobiologis, keberadaan bakteri *Coliform* dalam air dapat menjadi indikator kelayakan air untuk berbagai keperluan, seperti air minum, air bersih, perikanan, peternakan, dan pertanian (Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas mikrobiologis air sungai di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dengan fokus pada deteksi total *Coliform* dan *Escherichia coli* menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN). Hasil penelitian

akan dibandingkan dengan standar baku mutu air sungai kelas 2 yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Melalui analisis ini, diharapkan dapat diperoleh penilaian mengenai apakah kualitas air sungai telah memenuhi atau masih belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi dan Reagensia, Balai Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi, Dinas Kesehatan DIY, dari 19 Agustus hingga 17 September 2024.

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Tabung reaksi, tabung durham, rak tabung reaksi, kapas, alkohol 70%, akuades, meja kerja, *incubator*, *waterbath*, autoklaf, kulkas penyimpanan media, *oven*, bunsen, korek, spidol, pipet ukur 1 ml, dan pipet *bulb*. Media yang digunakan meliputi *Buffered Peptone Water* (BPW), *Lauryl Tryptose Broth* (LTB), *Briliant Green Lactose Broth* (BGLB), dan *Escherichia Coli Broth* (ECB).

2.2 Prosedur Pelaksanaan

Sampel diperoleh dari Balai Laboratorium Kesehatan dan Kalibrasi Dinas Kesehatan DIY, dimana sampel berasal dari wilayah Daerah Istimera Yogyakarta (DIY). Terdiri dari 8 sampel air sungai kelas II (S1-S8). Penamaan ini digunakan untuk memudahkan identifikasi dan pencatatan hasil pengujian setiap sampel.

2.2.1 Pembuatan Media LTB

Timbang 35,6 g media LTB. Masukkan ke dalam gelas *beaker*. Tambahkan 1 liter akuades kemudian larutkan hingga homogen. Masukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 10 ml. Masukkan tabung durham dan bolak-balikkan tabung durham untuk menghilangkan gelembung udara. Kemudian sterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya dinginkan sampai suhu 25°C.

2.2.2 Pembuatan Media BGLB

40 g media BGLB dimasukkan dalam 1 liter akuades, kemudian dilarutkan hingga homogen, selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 10 ml yang telah dilengkapi tabung durham dan bolak-balikkan tabung durham untuk menghilangkan gelembung udara. Setelah itu sterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Kemudian dinginkan sampai suhu 25°C.

2.2.3 Pembuatan Media EC Broth

37 g media EC *Broth* dimasukkan dalam 1 liter akuades, kemudian dilarutkan hingga homogen, selanjutnya sebanyak 10 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah dilengkapi tabung durham dan bolak-balikkan tabung durham untuk menghilangkan gelembung udara. Setelah itu sterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Kemudian dinginkan sampai suhu 25°C.

2.2.4 Persiapan Meja kerja

Meja kerja dibersihkan dengan alkohol 70% dan dilap dengan tisu untuk menciptakan lingkungan aseptis. Selama proses kerja, bunsen dinyalakan untuk menjaga area kerja steril dari kontaminasi udara. Penggunaan sarung tangan steril, masker, dan alat pelindung diri lainnya diwajibkan untuk menjaga kebersihan dan keamanan selama pengujian.

2.2.5 Uji Penduga

Pada uji penduga air sungai digunakan LTB *Triple Strength* dan *Single Strength* yang disusun dalam pola 5:5:5. Sampel dikocok dan diambil

menggunakan pipet steril, lalu dimasukkan ke lima tabung LTB pada setiap seri pengenceran (10 ml hingga 0,0001 ml). Setelah dikocok hingga homogen, tabung diinkubasi pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ selama 48 jam. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya gas di tabung durham, sementara hasil negatif ditunjukkan dengan tidak adanya gas. Semua tabung positif dilanjutkan ke uji penegasan.

2.2.6 Uji Penegas

Dalam uji penegas sampel air sungai, siapkan media BGLB untuk total *Coliform* dan EC broth untuk *E. coli*, masing-masing sebanyak dua kali jumlah tabung LB yang positif. Pindahkan 1-2 mL dari tabung LB positif ke BGLB dan ECB. Inkubasi BGLB pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ selama 48 jam, dan ECB diinkubasi dalam *waterbath* pada suhu $45^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ selama 24 jam. Setelah inkubasi, catat tabung yang positif dan cocokkan hasilnya dengan tabel MPN APHA sesuai pengenceran yang digunakan.

2.2.7 Analisis data

Analisis data dilakukan untuk menentukan kadar bakteri total *Coliform* dan *E. coli* menggunakan metode observasional analitik. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis menggunakan indeks MPN yang dicocokkan dengan tabel MPN seri 5-5-5 berdasarkan APHA (*American Public Health Association*) atau dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{MPN 100 mL} = (\text{Tabel MPN 100 mL}) \times \frac{10}{V}$$

Keterangan:

V = Volume sampel pada pengenceran terendah yang dipilih

Indeks MPN/100 ml digunakan untuk mengukur konsentrasi bakteri dan dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan Lampiran VI Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021. Untuk *E. coli* (*Coliform fecal*), batas maksimal adalah 100 MPN/100 ml (kelas I), 1.000 MPN/100 ml (kelas II), dan 2.000 MPN/100 ml (kelas III dan IV). Untuk total *Coliform*, batasnya adalah 1.000 MPN/100 ml (kelas I), 5.000 MPN/100 ml (kelas II), dan 10.000 MPN/100 ml (kelas III dan IV). Interpretasi hasil dilakukan dengan membandingkan nilai MPN dengan baku mutu yang ditetapkan, untuk menilai kualitas air sungai yang diuji.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Uji Penduga Bakteri *Coliform* (*Presumptive test*)

Most Probable Number (MPN) adalah pendekatan semi kuantitatif yang digunakan untuk memperkirakan jumlah mikroorganisme dalam sampel cair melalui pengamatan pertumbuhan dalam medium cair (Wardani, 2021). Prinsip kerja MPN melibatkan inkubasi sampel yang telah diencerkan dalam tabung reaksi yang mengandung medium selektif (Misrofa dan Purwantisari, 2021). Setelah periode inkubasi pada suhu yang ditentukan, tabung yang menunjukkan pertumbuhan mikroba ditandai dengan kekeruhan atau pembentukan gas dalam tabung durham (positif). Frekuensi tabung positif ini kemudian digunakan untuk memperkirakan konsentrasi mikroorganisme dalam sampel dengan merujuk pada tabel MPN yang tersedia (Utami, 2020).

Menurut Sabila dan Setyaningrum (2023), kelebihan metode MPN terletak pada kesederhanaan dan fleksibilitasnya. Metode ini memungkinkan estimasi

konsentrasi mikroorganisme dalam sampel dengan tingkat sensitivitas yang tinggi, bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah. Pengujian ini dapat diterapkan pada berbagai jenis sampel, termasuk air, makanan, dan tanah. Selain itu, metode ini tidak memerlukan peralatan canggih, sehingga mudah diterapkan di berbagai laboratorium, terutama untuk pengujian mikrobiologi dasar.

Metode MPN terdiri dari tiga ragam. Ragam I menggunakan 5 tabung dengan 10 ml, 1 tabung dengan 1 ml, dan 1 tabung dengan 0,1 ml, cocok untuk spesimen yang sudah diolah atau dengan perkiraan jumlah kuman rendah. Ragam II menggunakan 5 tabung dengan 10 ml, 5 tabung dengan 1 ml, dan 5 tabung dengan 0,1 ml, ditujukan untuk spesimen yang belum diolah atau dengan perkiraan jumlah kuman tinggi, dan dapat dilanjutkan dengan 5 tabung 0,01 ml jika diperlukan. Ragam III menggunakan 3 tabung dengan 10 ml, 3 tabung dengan 1 ml, dan 3 tabung dengan 0,1 ml, merupakan pilihan alternatif dari Ragam II ketika jumlah tabung uji atau persediaan media terbatas, dengan perlakuan yang serupa (Kholifah., 2022).

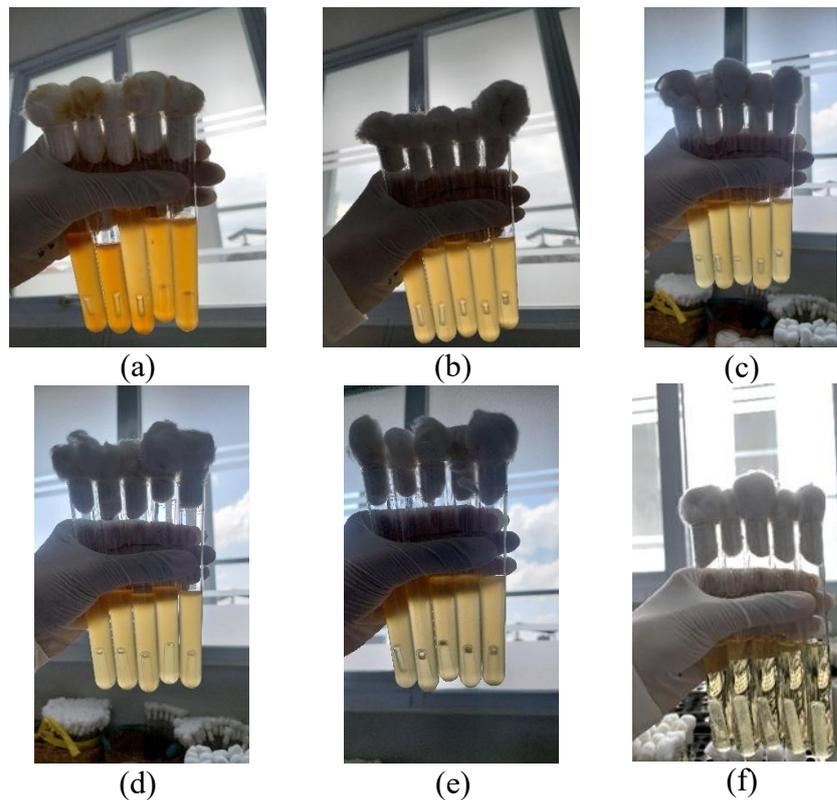
Terdapat 3 tahapan uji MPN (Azhar., 2021). Pertama, uji penduga (*presumptive test*), di mana sampel diinkubasi dalam media LTB (*Lauryl Tryptose Broth*) untuk mendeteksi gas dalam tabung Durham sebagai indikasi keberadaan bakteri total *Coliform* (Jiwintarum dkk., 2017). Jika gas terbentuk, pengujian dilanjutkan ke tahap kedua, yaitu uji penegas (*confirmative test*) menggunakan media BGLB (*Brilliant Green Lactose Broth*) untuk konfirmasi keberadaan total *Coliform* melalui produksi gas dan asam. Terakhir, uji pelengkap (*completed test*) dilakukan dengan menginokulasi sampel ke media EMB (*Eosin Methylene Blue*) untuk mendeteksi koloni *Escherichia coli* dengan ciri khas warna hijau metalik (Fatimah dkk., 2024).

Pada penelitian ini, deteksi sampel air sungai dilakukan berdasarkan parameter total *Coliform* dan *E. coli*. Metode yang digunakan adalah MPN *Coliform* ragam II, yaitu dengan seri 5-5-5. Meliputi uji penduga menggunakan media *Lauryl Tryptose Broth* (LTB) dan uji penegas menggunakan media *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB). Selain itu, konfirmasi *E. coli* dilakukan dengan menggunakan media *Escherichia Coli Broth* (ECB).

Pengujian MPN tahap awal dilakukan dengan uji penduga menggunakan media LTB (*Lauryl Tryptose Broth*). Media ini adalah medium cair yang mengandung laktosa, yang dapat dengan mudah didegradasi oleh bakteri *Coliform*. Degradasi laktosa terlihat dari adanya gas atau gelembung udara dalam tabung Durham (Sudiana dan Sudirgayasa, 2020). Karena media LTB digunakan untuk pengayaan bakteri dari famili *Enterobacteriaceae* dan bukan spesifik untuk *Coliform*, hasil uji ini hanya memberikan indikasi awal keberadaan *Coliform* (Kholifah, 2022).

Pada **Gambar 1**, terlihat tabung reaksi hasil uji penduga yang telah diinkubasi pada suhu 35°C selama 48 jam. Tabung reaksi dengan adanya gelembung gas menandakan aktivitas fermentasi laktosa oleh bakteri. Menurut Kumalasari (2018), laktosa berfungsi sebagai sumber karbohidrat yang mendukung fermentasi bakteri, yang kemudian menghasilkan gelembung gas. Hal ini menunjukkan adanya bakteri *Coliform* dalam sampel. Semua sampel penelitian menunjukkan hasil positif, namun negatif pada pengenceran tertentu. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya gelembung udara dalam tabung Durham dan kekeruhan pada media LTB setelah inkubasi. Pada beberapa pengenceran yang tidak menunjukkan pembentukan gelembung, kemungkinan disebabkan oleh konsentrasi bakteri yang rendah. Konsentrasi bakteri yang tidak mencukupi dapat mengakibatkan fermentasi laktosa yang tidak cukup untuk menghasilkan gas yang terdeteksi dalam tabung Durham (Wardani, 2021). Tabung Durham yang terbalik menjebak gas hasil metabolisme

bakteri, sesuai dengan pengamatan Jiwintarum (2017) yang menunjukkan kekeruhan media atau pembentukan gelembung udara. Hasil uji penduga pada 8 sampel air sungai tercantum dalam **Tabel 1**.



Gambar 1. Contoh hasil uji penegas; a) Semua tabung positif (10 ml), b) Semua tabung positif (1 ml), c) Semua tabung positif (0,1), d) Semua tabung positif (0,01), e) Semua tabung positif (0,001), f) Semua tabung negatif (0,0001)

Bakteri *Coliform* adalah anggota *Famili Enterobacteriaceae* yang mencakup bakteri berbentuk batang, gram negatif, anaerob fakultatif, yang memiliki kemampuan memfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas. Secara umum, bakteri ini merupakan flora normal yang terdapat di usus manusia dan hewan berdarah panas, terutama dalam konsentrasi tinggi pada tinja. Mereka juga dapat hidup bebas di lingkungan sekunder seperti air, tanah, dan sedimen (Rahmiani, 2022).

Uji penduga *Coliform* berfokus pada deteksi keberadaan kelompok bakteri ini yang dikenal mampu memfermentasi laktosa dalam waktu 48 jam pada suhu 37°C, dengan hasil berupa produksi asam dan gas. Hasil dari inkubasi ini dinyatakan sebagai total *Coliform*. Beberapa strain *Coliform* dapat bertahan pada suhu hingga 44,5°C, menunjukkan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan tertentu (Sinaga, 2021 dalam Rahmiani, 2022).

Bakteri *Coliform* diklasifikasikan menjadi dua kelompok: *Coliform* fekal dan *non-fekal*. *Coliform* fekal, seperti *E. coli*, berasal dari tinja manusia dan hewan berdarah panas. Kehadiran *E. coli* dalam air menjadi indikator adanya kontaminasi fekal, yang penting untuk dipantau karena keberadaan bakteri ini seringkali

berkorelasi dengan keberadaan patogen lain yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia. *Coliform non-fekal*, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella*, biasanya berasal dari hewan atau tanaman mati dan tidak selalu berasal dari tinja manusia (Sinaga, 2021 dalam Rahmiani, 2022).

Tabel 1. Hasil uji penduga

Sampel	10	1	0,1	0,01	0,001	0,0001	Total positif
S1	+++++	+++++	+----	-----	-----	-----	5-5-1-0-0-0
S2	+++++	+++++	+++--	-----	-----	-----	5-5-3-0-0-0
S3	+++++	+++++	-----	-----	-----	-----	5-5-0-0-0-0
S4	+++++	+++++	+++--	-----	-----	-----	5-5-3-0-0-0
S5	+++++	+++++	+++++	+++++	++++-	+----	5-5-5-5-4-1
S6	+++++	+++++	+----	-----	-----	-----	5-5-1-0-0-0
S7	+++++	+++++	+++++	-----	-----	-----	5-5-5-0-0-0
S8	+++++	+++++	+++++	+++--	-----	-----	5-5-5-3-0-0

Keterangan: + = positif *Coliform*, - = negatif *Coliform*, S = sampel air sungai.

Sumber: Pribadi (2024)

3.2 Uji Penegas Total *Coliform* (*Confirmative Test*)

Sampel yang menunjukkan hasil positif pada uji penduga kemudian dilanjutkan ke uji penegas total *Coliform* dan *E. coli* (*fecal Coliform*). Uji penegas dilakukan untuk menentukan kadar MPN *Coliform* dengan menggunakan media *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB) (Usman dan Ernawati, 2021). Pada tahap ini, 1 mL dari media LTB yang menunjukkan hasil positif dipindahkan secara aseptik ke media BGLB, yang kemudian diinkubasi pada suhu 35°C selama 48 jam.

Uji penegas bertujuan untuk memastikan bahwa hasil positif dari uji penduga memang disebabkan oleh bakteri *Coliform*, bukan oleh bakteri *non-Coliform* (Hadiansyah dkk., 2021). Media selektif BGLB dirancang untuk mengurangi pertumbuhan bakteri Gram positif dan meningkatkan pertumbuhan *Coliform*, sesuai dengan penjelasan Bambang (2014). Setelah inkubasi pada suhu 35°C, yang merupakan suhu optimal untuk pertumbuhan bakteri Gram negatif seperti *Coliform* (Soedarto, 2015). **Gambar 2.** Menunjukkan contoh hasil tabung reaksi uji penegas.



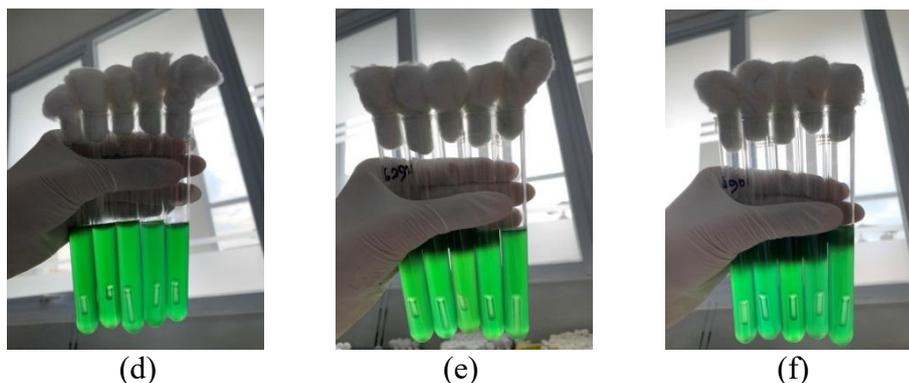
(a)



(b)



(c)



Gambar 2. Contoh hasil uji penegas total *Coliform* a) Semua tabung positif (10 ml), b) Semua tabung positif (1 ml), c) Semua tabung positif (0,1), d) Semua tabung positif (0,01), e) Semua tabung positif (0,001), f) Semua tabung positif (0,0001)

Pada uji penegas yang diinkubasi pada suhu 35°C, bakteri Gram negatif patogen dapat tumbuh optimal karena suhu tersebut sesuai dengan kisaran suhu optimal pertumbuhan bakteri Gram negatif, yaitu 30°C sampai 35°C (Soedarto, 2015). Hasil uji penegas ditampilkan pada **Tabel 2**, yang menunjukkan hasil akhir mengenai kontaminasi total *Coliform* pada 8 sampel, apakah melebihi batas ambang atau masih dalam batas aman.

Tabel 2. Hasil uji penegas untuk total *Coliform*

Sampel	Total positif	MPN/100 mL (APHA, 2023)	Baku Mutu*	Keterangan
S1	5-5-1-0-0-0	33×10^1	5000	Memenuhi baku mutu
S2	5-5-3-0-0-0	79×10^1	5000	Memenuhi baku mutu
S3	5-1-0-0-0-0	23×10^1	5000	Memenuhi baku mutu
S4	5-5-3-0-0-0	79×10^1	5000	Memenuhi baku mutu
S5	5-5-5-5-4-0	170×10^3	5000	Tidak memenuhi baku mutu
S6	5-0-0-0-0-0	33×10^1	5000	Memenuhi baku mutu
S7	5-5-5-0-0-0	23×10^2	5000	Memenuhi baku mutu
S8	5-5-5-2-0-0	79×10^2	5000	Tidak memenuhi baku mutu

Keterangan: * = Baku mutu air sungai kelas II PP No. 22 Tahun 2022, S = sampel air sungai.

Sumber: Pribadi (2024)

Berdasarkan **Tabel 2**, sampel yang memenuhi baku mutu kualitas air sungai adalah S1, S2, S3, S4, S6, dan S7 dengan nilai MPN/100 ml berturut-turut adalah 33×10^1 , 79×10^1 , 23×10^1 , 23×10^1 , 33×10^1 , dan 23×10^2 . Sementara itu, sampel yang tidak memenuhi adalah S5 dan S8 dengan nilai MPN/100 ml masing-masing 170×10^3 dan 79×10^2 .

Perbedaan kadar total *Coliform* pada setiap sampel air sungai dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dan aktivitas manusia di sekitar area pengambilan sampel (Pratiwi dkk., 2019). Pada sampel yang memenuhi standar baku mutu kualitas air sungai seperti S1, S2, S3, S4, S6, dan S7, nilai MPN/100 ml berkisar antara 33×10^1 hingga 23×10^2 . Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi total *Coliform* di lokasi-lokasi tersebut masih berada dalam batas yang diizinkan untuk air kelas 2. Di sisi lain, sampel S5 dan S8 menunjukkan nilai MPN/100 ml yang jauh lebih tinggi, yaitu 170×10^3 dan 79×10^2 , sehingga tidak memenuhi baku mutu.

Perbedaan konsentrasi ini mungkin disebabkan oleh variasi dalam sumber pencemaran dan kondisi lingkungan di sepanjang aliran sungai (Kurniawan, 2017). Misalnya, sampel dari lokasi yang lebih dekat dengan area pemukiman atau kegiatan domestik cenderung memiliki konsentrasi total *Coliform* yang lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa pencemaran *Coliform* sering kali berasal dari limbah manusia, seperti urin dan feses, yang dapat terlepas ke dalam aliran sungai (Imamah dan Efendy, 2021). Aktivitas sehari-hari seperti mencuci dan mandi di sungai juga dapat meningkatkan kadar bakteri *Coliform* di air (Manune, 2019).

Sebaliknya, sampel dari lokasi yang lebih jauh dari sumber pencemaran langsung, seperti area dengan vegetasi atau lahan pertanian, mungkin menunjukkan konsentrasi total *Coliform* yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh proses alami seperti penyaringan oleh tanah atau penguraian oleh mikroorganisme yang dapat mengurangi jumlah bakteri *Coliform* sebelum air mencapai lokasi pengambilan sampel (Hamid, 2019). Di samping itu, adanya sistem pengelolaan limbah yang lebih baik atau kurangnya aktivitas domestik di sekitar lokasi pengambilan sampel juga dapat berkontribusi pada penurunan kadar total *Coliform*.

3.3 Uji Konfirmasi *E. coli*

Dalam uji penegas *Coliform*, media LTB yang positif akan dilanjutkan ke uji *E. coli* (*fecal Coliform*) menggunakan media *Escherichia Coli Broth* (ECB). Media ECB, yang mengandung laktosa, memungkinkan deteksi *fecal Coliform* karena bakteri *fecal* dapat memfermentasi laktosa menjadi asam dan gas, yang terlihat sebagai gelembung dalam tabung Durham. Inkubasi dilakukan pada suhu $45^\circ\text{C} \pm 0,5$ selama 24 jam untuk mengoptimalkan pertumbuhan bakteri *fecal Coliform* (Hadiansyah dkk., 2021). Menurut Mukhlis (2019), suhu ini sesuai untuk bakteri *fecal Coliform* yang dapat bertahan hidup pada suhu ini, sedangkan bakteri *Coliform non-fecal* lebih baik berkembang pada suhu 35°C . Contoh salah satu hasil uji *E. coli* ditunjukkan pada **Gambar 3**. Hasil uji *E. coli* secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Escherichia coli (*E. coli*) adalah salah satu anggota dari kelompok *fecal Coliform* yang berasal dari *Famili Enterobacteriaceae*. *E. coli* adalah bakteri berbentuk batang, gram negatif, fakultatif anaerob, dan tidak membentuk spora, serta merupakan flora normal yang hidup dalam saluran pencernaan mamalia, termasuk manusia. Bakteri ini dapat bertahan hidup di berbagai lingkungan seperti air tawar, air laut, dan tanah, menjadikannya indikator yang kuat dalam mendeteksi kontaminasi fekal di air (Rahayu *et al.*, 2018).

Keberadaan *E. coli* dalam air menunjukkan bahwa air tersebut telah tercemar oleh tinja yang mengandung patogen enterik. Hal ini karena *E. coli* biasanya berasal dari saluran pencernaan hewan berdarah panas dan manusia. Sebagai indikator pencemaran, konsentrasi *E. coli* yang tinggi dalam air mengindikasikan bahwa air tersebut terkontaminasi oleh limbah rumah tangga atau kotoran hewan (Rahayu *et al.*, 2018). Selain menjadi indikator pencemaran air, *E. coli* juga dikenal sebagai penyebab berbagai penyakit pada manusia, terutama penyakit diare. Bakteri ini dapat menyebar melalui air yang terkontaminasi oleh tinja, dan jika air tersebut dikonsumsi, dapat menyebabkan infeksi saluran pencernaan, termasuk diare. Diare, meskipun sering dianggap ringan, dapat menjadi fatal jika tidak ditangani dengan tepat, terutama pada balita dan anak-anak (Sari *et al.*, 2019).

Mengingat *E. coli* dapat hidup di luar tubuh manusia dalam waktu yang cukup lama, terutama pada kondisi lingkungan yang mendukung, bakteri ini seringkali ditemukan dalam air yang terkontaminasi limbah rumah tangga dan industri. Hal ini menunjukkan bahwa pencegahan pencemaran air oleh limbah domestik dan tinja sangat penting untuk menjaga kualitas air dan mencegah penyebaran penyakit yang disebabkan oleh bakteri seperti *E. coli* (Abduh, 2018).



Gambar 3. Contoh hasil uji penegas *E. coli*

Tabel 3. Hasil uji penegas *E. coli*

Sampel	Total positif	MPN/100 mL (APHA, 2023)	Baku Mutu*	Keterangan
S1	5-5-1-0-0-0	33×10^1	1000	Memenuhi baku mutu
S2	5-5-3-0-0-0	79×10^1	1000	Memenuhi baku mutu
S3	5-1-0-0-0-0	33	1000	Memenuhi baku mutu
S4	5-5-3-0-	79×10^1	1000	Memenuhi

	0-0			baku mutu
S5	5-5-5-5-4-0	130×10^3	1000	Tidak memenuhi baku mutu
S6	5-0-0-0-0-0	23	1000	Memenuhi baku mutu
S7	5-5-5-0-0-0	23×10^2	1000	Tidak memenuhi baku mutu
S8	5-5-5-2-0-0	49×10^2	1000	Tidak memenuhi baku mutu

Keterangan: * = Baku mutu air sungai kelas II PP No. 22 Tahun 2022, S = sampel air sungai.
Sumber: Pribadi (2024)

Pada penelitian ini, hasil uji penegas *E. coli* (**Tabel 3**) menunjukkan perbedaan konsentrasi yang signifikan antara sampel-sampel air sungai yang diambil dari lokasi yang berbeda. Sampel yang memenuhi baku mutu kualitas air kelas 2, yaitu S1, S2, S3, S4, dan S6, memiliki nilai MPN/100 ml yang relatif rendah, berkisar antara 33×10^1 hingga 79×10^1 . Di sisi lain, sampel yang tidak memenuhi baku mutu adalah S5, S7, dan S8 dengan nilai MPN/100 ml yang jauh lebih tinggi, yakni 130×10^3 , 23×10^2 , dan 49×10^2 . Perbedaan kadar *E. coli* ini mengindikasikan adanya variasi dalam tingkat kontaminasi mikroba di sepanjang aliran sungai.

Perbedaan konsentrasi *E. coli* pada sampel air sungai dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Salah satunya adalah sumber pencemaran yang bervariasi di sepanjang sungai (Rompas dkk., 2018). Menurut Asih dkk. (2024), *E. coli* sebagai indikator kontaminasi feces dapat ditemukan dalam jumlah yang lebih tinggi di area dengan aktivitas manusia yang padat atau di dekat sumber limbah domestik. Sampel yang menunjukkan konsentrasi *E. coli* tinggi mungkin terpengaruh oleh pencemaran dari kegiatan sehari-hari seperti pembuangan limbah domestik langsung ke sungai, seperti yang ditemukan di S5, S7, dan S8.

Selanjutnya, faktor geografis dan penggunaan lahan di sekitar sungai juga dapat mempengaruhi konsentrasi *E. coli*. Sampel yang diambil di area dengan pemukiman padat atau area yang sering digunakan untuk aktivitas seperti mencuci atau mandi dapat menunjukkan konsentrasi *E. coli* yang lebih tinggi. Fathoni (2016) mencatat bahwa pemukiman yang padat dengan jarak yang dekat antara rumah dan sungai cenderung mengalami pencemaran lebih berat karena limbah dari rumah tangga sering langsung memasuki aliran sungai.

Sebaliknya, sampel dari area yang lebih bersih atau dengan jarak yang lebih jauh dari sumber pencemaran, seperti yang ditemukan di S1, S2, S3, S4, dan S6, cenderung memiliki konsentrasi *E. coli* yang lebih rendah. Menurut Amprin (2020), daerah pertanian atau area dengan sistem sanitasi yang lebih baik dapat menunjukkan kadar *E. coli* yang lebih rendah, karena limbah domestik yang mengalir ke sungai

lebih sedikit. Hasil ini menunjukkan bahwa manajemen limbah dan aktivitas manusia di sekitar sumber air sangat mempengaruhi kualitas mikrobiologis air sungai.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengukur konsentrasi total *Coliform* dan *E. coli* pada sampel air sungai menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN). Sesuai dengan baku mutu air sungai kelas II dalam Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021, konsentrasi maksimum untuk total *Coliform* adalah 5.000 MPN/100 ml dan untuk *E. coli* adalah 1.000 MPN/100 ml. Hasilnya menunjukkan bahwa sampel S1, S2, S3, S4, S6, dan S7 memenuhi baku mutu dengan kadar total *Coliform* antara 33×10^1 hingga 23×10^2 MPN/100 ml dan kadar *E. coli* antara 33×10^1 hingga 79×10^1 MPN/100 ml. Sebaliknya, sampel S5 dan S8 memiliki kadar total *Coliform* yang sangat tinggi (170×10^3 dan 79×10^2 MPN/100 ml) serta *E. coli* yang jauh melebihi batas (130×10^3 , 23×10^2 , dan 49×10^2 MPN/100 ml), menunjukkan adanya pencemaran serius. Variasi kadar bakteri ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan aktivitas manusia, seperti pembuangan limbah domestik dan lokasi pengambilan sampel. Hasil penelitian ini menekankan pentingnya pengelolaan limbah yang baik dan pemantauan kualitas air secara berkala untuk menjaga kesehatan lingkungan dan mencegah risiko pencemaran lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- Abduh, I. M. N. (2018). Ilmu dan rekayasa lingkungan (Vol. 1). Makasar: Sah Media.
- Adji, T. N., Cahyadi, A., Ramadhan, G. S., Haryono, E., Purnama, S., Tastian, N. F., dan Putra, R. D. (2023). Analisis Dampak Aktivitas Antropogenik Terhadap Kualitas Air Sungai Bawah Tanah Seropan, Kawasan Karst Gunungsewu, Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL)*, 7 (1): 1-17.
- Amprin, A. (2020). Kajian Kualitas Air dan Laju Sedimentasi Pada Saluran Irigasi Bendung Tanah Abang Di Kecamatan Long Mesangat Kabupaten Kutai Timur. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 8(1): 105-118.
- Annisa, A. R. (2021). Analisis Kandungan Bakteri Coliform dan Escherichia coli Pada Air Minum dalam Kemasan dan Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Sukarame Bandar Lampung. *Skripsi*. UIN Raden Intan Lampung.
- Asih, E. N. N., Ramadhanti, A., Wicaksono, A., Dewi, K., dan Astutik, S. (2024). Deteksi total bakteri Escherichia coli pada sedimen laut perairan Desa Padelegan sebagai indikator cemaran mikrobiologis Wisata Pantai The Legend-Pamekasan. *Journal of Marine Research*, 13(1): 161-170.
- Azhar, A. (2021). Uji Bakteri Coliform dan Escherichia coli Pada Air Minum Isi Ulang Di Desa Pahlawan Kecamatan Karang Baru Kabupaten Aceh Tamiang Tahun 2021. *Edukasi Kesehat*, 4: 130-137.
- Bambang, A. G. (2014). Analisis cemaran bakteri coliform dan identifikasi Escherichia coli pada air isi ulang dari depot di Kota Manado. *Pharmacon*, 3(3).
- Darna, D., Turnip, M., dan Rahmawati, R. (2018). Deteksi dan Identifikasi Bakteri Anggota Enterobacteriaceae pada Makanan Tradisional Sotong Pangkong. *Jurnal Labora Medika*, 2(2): 6-12.
- Fathoni, A., Khotimah, S. and Linda, R. (2016). Kepadatan Bakteri Coliform di Sungai Segedong Kabupaten Pontianak. *Jurnal Protobiont*, 5(1).
- Fatimah, C., Safriana, S., dan Andriani, S. (2024). Uji Cemaran Coliform Menggunakan Uji MPN pada Air Sumur Gali, Sumur Bor dan PDAM. *Journal of Pharmaceutical and Health Research*, 5(1): 64-72.

- Hadiansyah, N. K., Junitasari, A., dan Gustiana, E. (2021). Analisis Bakteri Coliform dalam Sampel Air Minum Pamsimas di Kabupaten Kuningan. *Jurnal Kartika Kimia*, 4(2): 89-95.
- Hamid, D.A.S.A., (2019). Analisis Hubungan Tata Guna Lahan Terhadap Kualitas Air Parameter Mikrobiologi Di Sungai Opak Yogyakarta. Skripsi. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Fathoni, A., Khotimah, S. and Linda, R., 2016. Kepadatan Bakteri Coliform di Sungai Segedong Kabupaten Pontianak. *Jurnal Protobiont*, 5(1).
- Imamah, P. N., dan Efendy, M. (2021). Analisis cemaran bakteri Escherichia coli pada daging ikan pelagis kecil (studi kasus) di perairan laut utara dan selatan Kabupaten Sampang. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(1): 17-24.
- Islam, F., Ahmad, H., dan Saddania, S. (2024). Kontaminasi Escherichia coli pada Minuman Kekinian di Pusat Kota Kabupaten Mamuju. *Jurnal kesehatan komunitas (Journal of community health)*, 10(2): 222-228.
- Jiwintarum, Y., dan Agrijanti, S. B. (2017). Most probable number (MPN) coliform dengan variasi volume media lactose broth single strength (LBSS) dan lactose broth double strength (LBDS). *Jurnal Kesehatan Prima*, 11(1): 11-17.
- Jiwintarum, Y., dan Baiq, L.S. (2017). Most Probable Number (MPN) Coliform dengan Variasi Volume Media Lactosa Broth Single Strength (LBSS) dan Lactose Broth Double Strength (LBDS). *Jurnal Kesehatan Prima*, 11(1).
- Kholifah, S. (2022). Analisis Kualitas Perairan Sumber Kalibalang Kecamatan Klampok Kota Blitar Berdasarkan Cemaran Bakteri Coliform. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Kumalasari, E. (2018). Analisis kuantitatif bakteri coliform pada depot air minum isi ulang yang berada di wilayah Kayutangi Kota Banjarmasin. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 3(1): 134-144.
- Kumalasari, E., Rhodiana, R., dan Prihandiwati, E. (2018). Analisis kuantitatif bakteri coliform pada depot air minum isi ulang yang berada di wilayah Kayutangi Kota Banjarmasin. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 3(1): 134-144.
- Kurniawan, B., Hendratmo, A., Sfarudin, F. W., dan Juniarta, J. (2017). Buku kajian daya tampung dan alokasi beban pencemaran Sungai Citarum. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Manune, S.Y. (2019). Analisis Kualitas Air pada Sumber Mata Air di Desa Tolnaku Kecamatan Fatule'U Kabupaten Kupang. *Jurnal Biotropikal Sains*, 16(1): 40-53.
- Mardeansyah, Y. D., dan Ma'arief, M. S. (2022). Tinjauan Pengelolaan Sarana Air Bersih Desa Permu Kecamatan Kepahiang Kabupaten Kepahiang melalui Program PDAM. *STATIKA: Jurnal Teknik Sipil*, 8(1): 25-37.
- Mardizal, J., dan Rizal, F. (2024). Manajemen Kualitas Air. Eureka Madia Utama.
- Misrofah, S., dan Purwantisari, S. (2021). Uji Bakteriologis Air Kemasan dengan Metode Most Probable Number (MPN) pada Sistem Quanti-Tray di PDAM Tirta Gemilang, Kabupaten Magelang. *Jurnal Akademika Biologi*, 10(1): 12-16.
- Mukhlis, H. and Rini, A.M. (2019). Angka Coliform Dan Colifecal Depot Air Minum Isi Ulang. Prosiding Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan. Pekanbaru.
- Nurbaya, F., KM, S., Sari, D. P., dan KM, S. K. M. (2023). Parameter Air Dan Udara Serta Uji Kualitas Air Sungai. PT Arr Rad Pratama.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.

- Pratiwi, A. D., Widyorini, N. N., dan Rahman, A. (2019). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Total Bakteri Coliform Di Sungai Plumbon, Semarang An Analysis of Waters Quality Based on Coliform Bacteria in Plumbon River, Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 8(3): 211-220.
- Rahayu, W. P. (2018). *Escherichia coli: Patogenitas, Analisis dan Kajian Risiko*. Bogor: IPB Press. Bogor
- Rahmiani, N. (2022). Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran Berdasarkan Parameter Mikrobiologi di Danau Universitas Hasanuddin. *Skripsi*. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Hasanuddin.
- Rompas, T. M., Rotinsulu, W. C., dan Polii, J. B. (2018). Analisis kandungan e-coli dan total coliform kualitas air baku dan air bersih pam manado dalam menunjang kota manado yang berwawasan lingkungan. *In Cocos*, 10(7).
- Rophi, A. H. (2022). Analisis mutu air secara mikrobiologi pada perlindungan mata air di Kelurahan Sentani Kota Distrik Sentani Kota Kabupaten Jayapura. *Bio-Lectura: Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(1): 42-54.
- Sabila, N. M., dan Setyaningrum, D. (2023). Coliform and Colifecal Analysis In Water Form Various Sources Using The MPN (Most Probable Numbers) Method: Analisis Coliform dan Colifecal pada Air dari Berbagai Sumber Menggunakan Metode MPN (Most Probable Numbers). *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 3(2): 54-60.
- Safitri, L., dan Djasfar, S. P. (2023). Analisis Cemar Bakteri E. Coli Pada Air Kolam Renang Umum Di Kabupaten Tangerang Dengan Metode Mpn (Most Probable Number). *Jurnal Medical Laboratory*, 2(2): 9-17.
- Saputri, E. T., dan Efendy, M. (2020). Kepadatan bakteri coliform sebagai indikator pencemaran biologis di perairan pesisir sepuluh Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(2): 243-249.
- Sari, D.P., Rahmawati, R. and PW, E.R. (2019). Deteksi dan identifikasi genera bakteri coliform hasil isolasi dari minuman lidah buaya. *Jurnal Labora Medika*, 3(1): 29-35.
- Soedarto. (2015). *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta: CV.Sagung Seto.
- Sofan, M. (2018). Perbandingan jumlah Coliform metode Most Probable Number dengan Chromocult Coliform Agar pada depot air minum isi ulang di Kabupaten Batang. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Keperawatan Dan Kesehatan. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Sudiana, M., dan Sudirgayasa, I. (2020). Analisis cemaran bakteri coliform dan eschericia coli pada depot air minum isi ulang (DAMIU). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan dan Farmasi*, 20(1): 52-61.
- Usman, A. M. M., dan Ernawati, A. (2021). Gambaran kualitas bakteri koliform air bersih pada sumur gali di Desa Tongute Ternate Kecamatan Ibu Kabupaten Halmahera Barat Provinsi Maluku Utara. *In Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 7(1): 446-451.
- Utami, F. (2020). Metode Most Probable Number (MPN) Sebagai Dasar Uji Kualitas Air Sungai Rengganis Dan Pantai Timur Pangandaran Dari Cemaran Coliform dan Escherichia coli. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan dan Farmasi*, 20(1): 21-30.
- Wardani, Gusti Rikki. (2021). Analisis Mpn (Most Probable Number) Bakteri Coliform Pada Air Sumur Penduduk Yang Bermukim Disepanjang Sungai Lamandau, Desa Batu Kotam, Kecamatan Bulik, Kabupaten Lamandau, Kalimantan Tengah. *Skripsi*. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Borneo Cendekia Medika Pangkalan Bun.