

IDENTIFIKASI BAKTERI *Escherichia coli* PADA SUMUR GALI WARGA DUSUN PENEMUNG KABUPATEN SUMBAWA DALAM PENYUSUNAN BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM MIKROBIOLOGI

Layyina Annisa Syafar¹, Sri Nopita Primawati^{2*}, & Husnul Jannah³

^{1,2,&3}Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Sains, Teknik, dan Terapan, Universitas Pendidikan Mandalika, Jalan Pemuda Nomor 59A, Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125, Indonesia

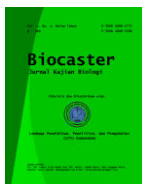
*Email: srinopitaprimawati@undikma.ac.id

Submit: 14-06-2026; Revised: 21-06-2026; Accepted: 24-06-2026; Published: 31-07-2026

ABSTRAK: Air sumur gali merupakan salah satu sumber air yang masih banyak digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Namun, kualitas air sumur gali dapat dipengaruhi oleh kondisi sanitasi lingkungan, sehingga berpotensi mengalami kontaminasi bakteri indikator pencemaran fekal, seperti *Escherichia coli*. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada air sumur gali warga Dusun Penemung, Desa Simu, Kabupaten Sumbawa, serta menyusun dan memvalidasi buku petunjuk praktikum mikrobiologi berbasis hasil penelitian. Penelitian menggunakan metode deskriptif eksploratif dengan pengambilan sampel pada 10 sumur gali. Isolasi bakteri dilakukan menggunakan media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA), kemudian dilanjutkan dengan identifikasi morfologi koloni, pewarnaan Gram, dan uji biokimia IMViC. Buku petunjuk praktikum dikembangkan menggunakan model 4D hingga tahap *develop* dan divalidasi oleh ahli media, ahli bahasa, dan ahli materi menggunakan indeks *Aiken's V*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Escherichia coli* tidak terdeteksi pada seluruh sampel menggunakan metode yang digunakan. Berdasarkan karakteristik morfologi, pewarnaan Gram, dan pola reaksi uji IMViC, isolat secara presumtif diduga merupakan *Salmonella* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Citrobacter freundii*. Identifikasi tersebut masih bersifat *presumptive identification*, karena belum dikonfirmasi menggunakan metode molekuler maupun sistem identifikasi bakteri otomatis. Hasil validasi buku petunjuk praktikum menunjukkan nilai *Aiken's V* sebesar 0,86 pada aspek media (sangat valid), 0,86 pada aspek bahasa (sangat valid), dan 0,56 pada aspek materi (valid). Dengan demikian, buku petunjuk praktikum yang dikembangkan dinyatakan layak digunakan sebagai penunjang pembelajaran praktikum mikrobiologi.

Kata Kunci: Air Sumur Gali, Buku Petunjuk Praktikum, *Escherichia coli*, IMViC, *Presumptive Identification*.

ABSTRACT: Dug well water remains a primary source for meeting the daily water needs of many communities. However, the quality of dug well water can be influenced by environmental sanitation conditions, creating a potential risk of contamination by fecal indicator bacteria such as *Escherichia coli*. This study aimed to identify the presence of *Escherichia coli* in dug well water used by residents of Penemung Hamlet, Simu Village, Sumbawa Regency, and to develop and validate a research-based microbiology laboratory manual. An exploratory descriptive method was employed, involving sampling from ten dug wells. Bacterial isolation was performed using *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA) medium, followed by colony morphology identification, Gram staining, and IMViC biochemical testing. The laboratory manual was developed using the 4D model (up to the "develop" stage) and validated by media, language, and subject matter experts using *Aiken's V* index. The results showed that *Escherichia coli* was not detected in any of the samples using the employed methods. Based on morphological characteristics, Gram staining, and IMViC reaction patterns, the isolates were presumptively identified as *Salmonella* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, and *Citrobacter freundii*. These identifications remain presumptive, as they have not yet been confirmed via molecular methods or automated bacterial identification systems. Validation results for the laboratory manual yielded *Aiken's V* scores of 0.86 for the media aspect (highly valid), 0.86 for the language aspect (highly valid), and 0.56 for the content aspect (valid). Consequently, the developed laboratory manual is deemed suitable for use as a supplementary resource for microbiology practical learning.



Keywords: Dug Well Water, Practical Manual, *Escherichia coli*, IMViC, Presumptive Identification.

How to Cite: Syafar, L. A., Primawati, S. N., & Jannah, H. (2026). Identifikasi Bakteri *Escherichia coli* pada Sumur Gali Warga Dusun Penemung Kabupaten Sumbawa dalam Penyusunan Buku Petunjuk Praktikum Mikrobiologi. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 6(3), 1838-1864. <https://doi.org/10.36312/biocaster.v6i3.1650>



Biocaster : Jurnal Kajian Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

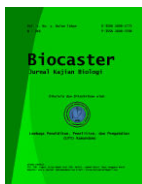
PENDAHULUAN

Air memiliki peranan penting dalam kelangsungan semua makhluk hidup untuk memenuhi kebutuhan pokok hidupnya, khususnya manusia (Sulistyani & Millania, 2022). Tetapi perlu diperhatikan kualitas air bersih yang digunakan. Air bersih yang memadai dapat meningkatkan kualitas hidup, menekan penyebaran penyakit menular, seperti diare, kolera, dan infeksi saluran pernapasan (Azhari *et al.*, 2025). Air sering tercemar disebabkan oleh aktivitas manusia. Limbah domestik, industri, pertanian, serta aktivitas pertambangan yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan adanya zat-zat kimia dan mikroorganisme patogen yang dapat menurunkan kualitas air (Anwar, 2025).

Sumur gali masih digunakan oleh masyarakat Indonesia di perkotaan maupun di pedesaan sebagai salah satu sumber air bersih (Iswanto *et al.*, 2023), termasuk di Dusun Panemung, Desa Simu, Kabupaten Sumbawa. Di Dusun Panemung, hingga saat ini masih menggunakan sumur gali sebagai salah satu sumber utama air bersih untuk kebutuhan sehari-hari. Namun, kondisi pemanfaatan sumur tersebut belum sepenuhnya memenuhi standar sanitasi lingkungan, dikarenakan dibangun dekat dengan sumber pencemar. Menurut Aida (2024), jarak sumur gali dengan *septic tank* yang berjarak kurang dari 10 meter dapat berisiko meningkatkan kontaminasi bakteri. Selain itu, jarak sumur gali dengan sumber pencemar lainnya seperti kandang ternak, tempat pembuangan akhir sampah, dan saluran pembuangan air sisa domestik juga dapat beresiko terkontaminasi bakteri (Dappa *et al.*, 2023).

Salah satu bakteri yang dapat menyebabkan kontaminasi air adalah bakteri *Escherichia coli* (Ratumbanua *et al.*, 2021). *Escherichia coli* adalah bakteri yang umumnya ditemukan di usus manusia dan hewan (Pobas *et al.*, 2025). Bakteri *Escherichia coli* merupakan jenis bakteri gram negatif yang apabila mengontaminasi makanan dan minuman dapat menyebabkan penyakit (Amalia & Anggara, 2024). Bakteri ini termasuk bakteri patogen yang bersifat oportunistik, yaitu bakteri yang biasanya tidak berbahaya atau tidak menyebabkan penyakit pada orang sehat, tetapi bisa menjadi patogen pada orang yang imunnya lemah (Haiga *et al.*, 2025).

Masalah kesehatan serius yang dapat disebabkan oleh beberapa strain *Escherichia coli*, yaitu *Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC) penyebab diare akut, *Shiga Toxin-Producing Escherichia coli* (STEC) penyebab sindrom hemolytic-uremic, *Diffuse Adherent Escherichia coli* (DAEC) penyebab infeksi



saluran kemih, dan *Diarrheagenic Escherichia coli* (DEC) penyebab gastrointestinal (Wibawa *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan di Dusun Penemung pada tanggal 10-12 Februari 2026, beberapa warga menyampaikan pernah mengalami keluhan sakit perut dan diare setelah mengonsumsi air sumur tanpa melalui proses perebusan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya dugaan pencemaran mikrobiologis, sehingga dilakukan pengujian mikrobiologi. Selain itu, terdapat sumur masyarakat dibangun di sekitar aliran sungai, berjarak kurang dari 10 meter dengan sumber pencemaran seperti kandang hewan ternak, dekat dengan pembuangan air limbah domestik, serta memiliki jarak yang dekat dengan *septic tank* (2 Meter). Kondisi tersebut belum memenuhi persyaratan sanitasi sumur gali. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, air bersih adalah air yang terbebas dari segala jenis kontaminasi fisika, kimiawi, dan mikrobiologis agar tidak membahayakan kesehatan. Selain itu, SNI 03-2916-1992 tentang spesifikasi sumur gali untuk sumber air bersih merekomendasikan agar sumur gali dibangun dengan jarak minimal 10 meter dari sumber pencemar, seperti kandang hewan ternak, dekat dengan pembuangan air limbah domestik, serta memiliki jarak yang dekat dengan *septic tank*.

Kondisi tersebut meningkatkan risiko terjadinya pencemaran mikrobiologis, khususnya oleh bakteri *Escherichia coli* sebagai indikator pencemaran feses. Informasi mengenai keberadaan *Escherichia coli* diperlukan sebagai dasar dalam menilai kualitas mikrobiologis air sumur, serta menjadi bahan pertimbangan bagi masyarakat dan pemerintah desa dalam upaya pencegahan penyakit yang ditularkan melalui air. Berbagai penelitian mengenai identifikasi *Escherichia coli* pada air sumur gali telah dilakukan di berbagai wilayah Indonesia. Namun, hasil penelitian tersebut menunjukkan tingkat kontaminasi yang berbeda-beda, karena dipengaruhi oleh kondisi sanitasi lingkungan, konstruksi sumur, serta jarak sumur terhadap sumber pencemar. Hingga saat ini, belum terdapat data mengenai keberadaan *Escherichia coli* pada air sumur gali di Dusun Penemung, Desa Simu, Kabupaten Sumbawa, sehingga kondisi kualitas mikrobiologis air sumur di wilayah tersebut belum diketahui. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada air sumur gali di Dusun Penemung, Desa Simu.

Hasil identifikasi bakteri *Escherichia coli* pada air sumur gali dimanfaatkan sebagai sumber belajar dalam pembelajaran mikrobiologi. Salah satu bentuk pemanfaatan hasil penelitian tersebut adalah melalui penyusunan buku petunjuk praktikum mikrobiologi. Buku petunjuk praktikum mikrobiologi telah tersedia di Universitas Pendidikan Mandalika dan digunakan sebagai acuan dalam berbagai kegiatan praktikum dasar, seperti teknik aseptik, dan isolasi mikroorganisme. Namun, hingga saat ini materi praktikum yang secara khusus membahas identifikasi bakteri masih belum dilakukan.

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi bakteri yang terdapat pada air sumur gali. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, populasi, sampel, instrumen penelitian,

teknik pengambilan data, dan teknik analisis data. Pemaparan metode penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai tahapan penelitian sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif eksploratif. Penelitian deskriptif eksploratif merupakan jenis penelitian yang digunakan untuk mengeksplorasi suatu objek yang belum diketahui, kemudian mendeskripsikan hasil temuan secara sistematis berdasarkan data yang diperoleh (Iswanto & Adi, 2018).

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2026 di Laboratorium Biologi, Fakultas Sains, Teknik, dan Terapan, Universitas Pendidikan Mandalika.

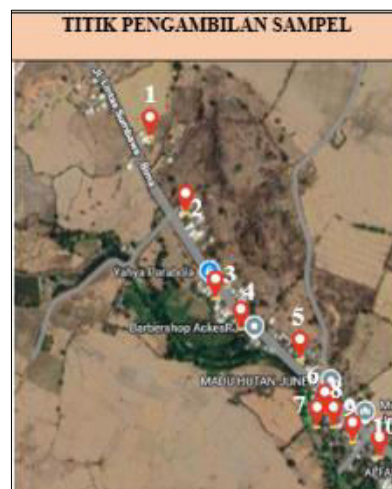
Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sumur gali yang berada di Dusun Penemung.

Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini terdiri atas 10 titik sumur gali yang tersebar di wilayah Dusun Panemung yang dipilih berdasarkan kriteria tertentu.



Gambar 1. Titik Pengambilan Sampel.

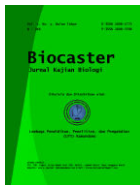
Instrumen Penelitian

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cawan petri, tabung reaksi, *erlenmeyer*, botol sampel kaca, *cooler box*, pipet tetes, mikropipet, jarum ose, lampu bunsen, *autoklaf*, inkubator, tabung durham, *aluminium foil*, gelas *beaker*, pipet ukur, gelas ukur, *vortex*, neraca analitik, *hot plate*, dan *magnetic stirrer*, lup, alas kaki tiga, kapas, kertas label, dan spatula.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel air sumur gali, aquades, medium EMBA, media SIM, media MR, Media sitrat, kristal violet, yodium, safranin, alkohol 96%, *reagen kovacs*, *methyl red*, KOH, dan *alpha*-



naphthol. Seluruh bahan tersebut digunakan untuk proses isolasi, pewarnaan Gram, serta identifikasi biokimia bakteri yang terdapat pada sampel air sumur gali.

Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air sumur menggunakan *Purposive Sampling*, yaitu teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai dengan tujuan penelitian. Kriteria sumur yang dipilih meliputi sumur gali yang berjarak kurang dari 10 meter dengan, *septic tank*, kandang ternak, tempat pembuangan sampah, tempat pembuangan air limbah domestik. Kriteria lainnya yaitu meliputi konstruksi sumur gali seperti, penutup sumur dan tinggi bibir sumur (Mariani & Sumada, 2017). Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh 10 sumur gali yang dijadikan sampel penelitian. Seluruh sumur berada di Dusun Penemung, Desa Simu, Kabupaten Sumbawa dan digunakan oleh masyarakat sebagai sumber air bersih untuk kebutuhan sehari-hari.

Sampel air diambil langsung dari keran sebanyak 50 ml, kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca berwarna gelap yang sudah disterilkan terlebih dahulu. Mulut botol ditutup menggunakan kapas dan dibungkus menggunakan aluminium foil kemudian disimpan ke dalam *coller box* yang diisi dengan es batu (Pratama, 2020). Selanjutnya sampel air dibawa ke Laboratorium Biologi, Fakultas Sains, Teknik, dan Terapan Universitas Pendidikan Mandalika dan dianalisis dalam waktu 8 jam setelah pengambilan sampel.

Teknik Pengambilan Data

Pembuatan Media

1) Media Eosin Methylene Blue Agar (EMBA)

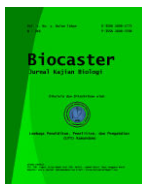
Pada tabung *erlenmeyer*, campurkan sebanyak 30 gram media EMBA dengan 800 ml aquades, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* di atas *hot plate* (Fatiqin *et al.*, 2019). Lubang *erlenmeyer* ditutup dengan kapas dan dibungkus menggunakan *aluminium foil*, kemudian disterilisasikan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya, tuang media EMBA ke dalam cawan petri dan disimpan pada suhu 37°C dan dibiarkan hingga memadat (Bria *et al.*, 2022).

2) Media SIM

Pada tabung *erlenmeyer*, campurkan sebanyak 6 gram media SIM dengan 400 ml aquades, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* di atas *hot plate* (Resti *et al.*, 2025). Lubang *erlenmeyer* ditutup dengan kapas dan dibungkus menggunakan *aluminium foil*, kemudian disterilisasikan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya, tuang media SIM ke dalam tabung reaksi dan disimpan pada suhu 37°C (Bria *et al.*, 2022).

3) Media MR/VP

Pada tabung *erlenmeyer*, campurkan sebanyak 12 gram media MR/VP dengan 400 ml aquades, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* di atas *hot plate* (Resti *et al.*, 2025). Lubang *erlenmeyer* ditutup dengan kapas dan dibungkus menggunakan *aluminium foil*, kemudian disterilisasikan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya, tuang media MR/VP ke dalam tabung reaksi dan disimpan pada suhu 37°C (Bria *et al.*, 2022). Sebelum digunakan, media didiamkan hingga mencapai suhu ruang untuk memastikan kondisi media stabil dan siap digunakan sebagai media pertumbuhan bakteri.



4) Media Sitrat

Pada tabung *erlenmeyer*, campurkan sebanyak 16 gram media sitrat dengan 800 ml aquades, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* di atas *hot plate* (Fatiqin *et al.*, 2019). Lubang *erlenmeyer* ditutup dengan kapas dan dibungkus menggunakan *aluminium foil*, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya, tuang media sitrat ke dalam tabung reaksi dan disimpan pada suhu 37°C dan ditunggu hingga memadat (Bria *et al.*, 2022).

Penumbuhan Bakteri

Sebelum menumbuhkan bakteri, terlebih dahulu dilakukannya pengenceran bertingkat pada sampel air dengan tujuan untuk mempersempit atau mengurangi jumlah mikroorganisme yang terkandung dalam cairan (Rosmania & Yuniar, 2021). Dalam tabung reaksi, campurkan sebanyak 1 ml sampel air sumur ke dalam 9 ml aquades (Artanti & Mustakim, 2025), kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* yang akan disebut sebagai pengenceran 10^{-1} . Langkah tersebut diulangi hingga mendapatkan pengenceran 10^{-3} (Sabila & Setyaningrum, 2023).

Setelah dilakukan pengenceran, selanjutnya dilakukan proses isolasi bakteri menggunakan metode *spread plate*. Setiap hasil pengenceran (10^{-1} - 10^{-3}), sampel air di ambil menggunakan *micropipette* sebanyak 1 ml (Hermayani *et al.*, 2025), diletakkan di atas media padat *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA), kemudian diratakan menggunakan spatula dan ditutup rapat menggunakan *plastic wrap* (Mu'minah *et al.*, 2025), selanjutnya diinkubasi pada suhu 37° selama 24 jam (Nuraini *et al.*, 2020). Pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada media EMBA ditandai dengan perubahan warna warna hijau metalik (Kantamaryana *et al.*, 2024).

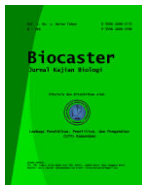
Pewarnaan Gram Bakteri

Kultur bakteri berumur 24 jam yang diisolasi dalam media yang sesuai diidentifikasi menggunakan pewarnaan Gram. Pada cawan petri steril, isolat bakteri diambil satu ose kemudian digoreskan 1-2 tetes air ditambahkan, dan campuran kemudian diletakkan di atas api bunsen hingga kering. Sediaan ditetaskan dengan setetes kristal violet, dibiarkan selama satu menit, dan kemudian dibilas dengan air sampai pewarna mengering dan memudar. Setelah meneteskan satu tetes larutan yodium, dibilas dengan alkohol 96%, dibilas dengan air, dan dibiarkan mengering selama satu menit. Satu tetes safranin dijatuhkan ke dalam campuran yang kemudian dibersihkan, dikeringkan, kemudian diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran 100 x setelah 45 detik (Nadila, 2019).

Uji Biokimia IMVIC

1) Uji SIM

Uji SIM dilakukan dengan Satu ose isolat bakteri, diinokulasikan secara aseptis ke 3 ml medium SIM ke dalam 3 tabung reaksi, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37° C. Setelah diinkubasi, teteskan reagen *Kovac's* pada masing-masing tabung reaksi sampel. Positif *Indol* ditandai dengan terbentuknya cincin merah, positif *sulfure* ditandai dengan terdapat endapan warna hitam pada dasar tabung reaksi, dan positif *Motil* ditandai dengan ditumbuhi bakteri pada jalur tusukan yang berarti bakteri mampu bergerak (Candrawati *et al.*, 2025). Hasil pengamatan terhadap ketiga parameter tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses identifikasi karakteristik fisiologis dan biokimia isolat bakteri.



2) Uji MR

Uji MR dilakukan dengan biakan bakteri dari media pertumbuhan, diinokulasi pada media MR dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37° C. Setelah diinkubasi, media ditetesi 2-3 tetes *reagen methyl red*. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna pada media yang semula berwarna kuning berubah menjadi warna merah setelah ditetesi *reagen methyl red* (Karunia *et al.*, 2021).

3) Uji VP

Uji VP dilakukan dengan biakan bakteri dari media pertumbuhan, diinokulasi pada media MR dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37° C. Setelah diinkubasi, media ditetesi 2-3 tetes 40% KOH dan 5% *alphanapthol*. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna pada media yang semula berwarna kuning berubah menjadi warna merah setelah ditetesi 40% KOH dan 5% *alphanapthol* (Sari *et al.*, 2019).

4) Uji Sitrat

Uji sitrat dilakukan dengan koloni bakteri pada media pertumbuhan diambil dengan ose dan diinokulasi pada media sitrat, selanjutnya diinkubasi pada suhu 37° C selama 24 jam. Bakteri yang memanfaatkan sitrat sebagai sumber karbon akan menghasilkan natrium karbonat yang bersifat alkali, sehingga dengan adanya indikator *brom thymol blue* menyebabkan warna biru pada media (Mahmudah *et al.*, 2016).

Teknik Analisis Data

Hasil pengamatan kemudian dideskripsikan dan dianalisis secara kualitatif berdasarkan karakteristik morfologi koloni, pewarnaan gram, dan uji biokimia IMViC. Selanjutnya, karakteristik setiap isolat disusun dalam bentuk tabel identifikasi yang memuat hasil pengamatan masing-masing parameter, kemudian dibandingkan secara sistematis dengan karakteristik bakteri *Escherichia coli* dari buku identifikasi dari *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* edisi 7 dan jurnal-jurnal yang relevan. Penentuan identitas bakteri dilakukan berdasarkan tingkat kesesuaian karakter morfologi, sifat gram, dan hasil uji IMViC dengan kunci determinasi yang terdapat pada sumber tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat pengambilan sampel, sumur gali yang menjadi lokasi penelitian berada di lingkungan permukiman Dusun Panemung dan dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber air untuk kebutuhan sehari-hari. Pengambilan sampel diambil pada saat musim panas bulan Mei 2026 dengan kondisi cuaca cerah. Berdasarkan pengamatan fisik, air sumur tampak jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau. Hasil pengukuran pH air menunjukkan nilai 7-7,5 tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Observasi.

Sumur ke-	Jarak Sumur dari Sumber Pencemar	Kedalaman Sumur	Kondisi Sumur	Dugaan Bakteri
1	5 meter dari <i>septic tank</i>	6 meter	Tidak tertutup dan konstruksi dinding buruk	<i>Escherichia coli</i>
2	7.6 meter dari <i>septic tank</i>	9 meter	Baik	<i>Escherichia coli</i>

Sumur ke-	Jarak Sumur dari Sumber Pencemar	Kedalaman Sumur	Kondisi Sumur	Dugaan Bakteri
3	2 meter dari saluran pembuangan	10 meter	Tidak tertutup rapat	<i>Escherichia coli</i>
4	6 meter dari saluran pembuangan	14 meter	Terbuka	<i>Escherichia coli</i>
5	7.6 meter dari kandang ayam	15 meter	Baik	<i>Escherichia coli</i>
6	8,8 meter dari saluran pembuangan	10 meter	Baik	<i>Escherichia coli</i>
7	5.7 meter dari saluran pembuangan	12 meter	Baik	<i>Escherichia coli</i>
8	0 meter dari	17 meter	Baik	<i>Escherichia coli</i>
9	8 meter dari <i>septic tank</i>	16 meter	Baik	<i>Escherichia coli</i>
10	8 meter dari <i>septic tank</i>	18 meter	Baik	<i>Escherichia coli</i>

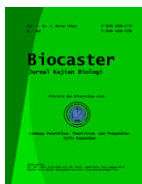
Berdasarkan hasil observasi, kedalaman sumur berkisar antara 6-18 meter dengan jarak terhadap sumber pencemar 0-8,8 meter (Tabel 1). Sebagian besar sumur memiliki kondisi konstruksi yang baik, sedangkan beberapa sumur memiliki konstruksi yang kurang baik, seperti tidak tertutup rapat atau dinding sumur yang rusak.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Bakteri Berdasarkan Morfologi, Pewarnaan Gram, dan Uji IMViC.

Sumur	Isolat	10 ⁻	Bentuk Koloni	Warna	Bentuk Sel	Reaksi Gram	Uji Indol	Uji MR	Uji VP	Uji Sitrat	Spesies
1	A1	10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³	Circular	Putih	Basil	-	-	+	-	+	<i>Salmonella</i> sp.
2	B1	10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³	Circular	Putih	Basil	-	-	+	-	+	<i>Salmonella</i> sp.
	B2	10 ⁻²	Circular	Putih	Basil	-	-	-	-	+	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
3	C1	10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³	Circular	Ungu	Basil	-	-	-	-	+	<i>Citrobacter freundii</i>
4	D1	10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³	Circular	Ungu	Basil	-	-	+	-	c+	<i>Citrobacter freundii</i>
5	E1	10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³	Circular	Putih	Basil	-	-	+	-	+	<i>Salmonella</i> sp.
6	F1	10 ⁻¹ 10 ⁻³	Circular	Putih	Basil	-	-	-	-	+	<i>Salmonella</i> sp.
	F2	10 ⁻²	Circular	Putih	Basil	-	-	+	-	+	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
7	G1	10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³	Circular	Putih	Basil	-	-	+	-	+	<i>Salmonella</i> sp.
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hasil identifikasi bakteri dari 10 sampel air sumur gali di Dusun Penemung menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri hanya ditemukan pada sampel sumur 1 hingga sumur 7, sedangkan pada sumur 8, 9, dan 10 tidak ditemukan pertumbuhan koloni bakteri pada media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA). Berdasarkan karakteristik morfologi koloni, sebagian besar isolat memiliki bentuk koloni *circular* (bulat). Warna koloni yang ditemukan terdiri atas putih dan ungu. Seluruh

Uniform Resource Locator: <https://e-journal.lp3kamandanu.com/index.php/biocaster>



isolat yang berhasil diidentifikasi memiliki bentuk sel basil dan menunjukkan hasil pewarnaan Gram negatif.

Hasil uji biokimia IMViC menunjukkan adanya variasi karakteristik antarisolat. Isolat yang diidentifikasi sebagai *Salmonella* sp. menunjukkan hasil uji *indol* negatif, *methy red* positif, *voges-proskauer* negatif, dan sitrat positif. Bakteri tersebut ditemukan pada sampel sumur 1, 2, 5, 6, dan 7. Selain itu, pada sumur 2 dan 6 juga ditemukan isolat yang memiliki karakteristik *indol* negatif, *methy red* negatif, *voges-proskauer* negatif, dan sitrat positif. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan karakteristik morfologi, pewarnaan Gram, serta uji IMViC, isolat tersebut diidentifikasi sebagai *Pseudomonas aeruginosa*. Sementara itu, isolat dengan koloni berwarna ungu ditemukan pada sumur 3 dan 4. Hasil uji IMViC menunjukkan karakteristik *indol* negatif, *methy red* negatif, *voges-proskauer* negatif, dan sitrat positif. Berdasarkan pencocokan karakteristik tersebut dengan *bergey's manual of determinative bacteriology*, isolat diidentifikasi sebagai *Citrobacter freundii*.

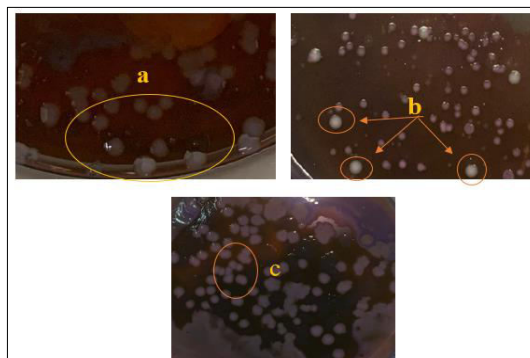
Secara keseluruhan, hasil identifikasi menunjukkan bahwa dari 10 sampel air sumur gali yang dianalisis ditemukan tiga jenis bakteri, yaitu *Salmonella* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Citrobacter freundii*. Bakteri yang paling banyak ditemukan adalah *Salmonella* sp., yang teridentifikasi pada lima titik sumur, sedangkan *Pseudomonas aeruginosa* dan *Citrobacter freundii* masing-masing ditemukan pada dua titik sumur. Adapun tiga sumur lainnya (sumur 8, 9, dan 10) tidak menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri pada media EMBA.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, kondisi sanitasi sumur gali di Dusun Penemung menunjukkan variasi pada aspek kedalaman sumur, jarak terhadap sumber pencemar, dan konstruksi sumur. Dari sepuluh sumur yang diteliti, bakteri hanya ditemukan pada sumur 1 hingga sumur 7, sedangkan sumur 8, 9, dan 10 tidak menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri pada media EMBA. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh kondisi sanitasi masing-masing sumur.

Kedalaman sumur merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas mikrobiologi air tanah. Pada penelitian ini, sumur 8, 9, dan 10 memiliki kedalaman yang lebih besar dibandingkan dengan sumur lainnya, dan tidak ditemukan adanya pertumbuhan bakteri. Sebaliknya, sebagian besar sumur dengan kedalaman yang lebih dangkal menunjukkan adanya kontaminasi bakteri. Syafarida *et al.* (2022) menjelaskan bahwa semakin dalam suatu sumur, semakin tebal lapisan tanah yang harus dilalui air, sehingga proses filtrasi alami berlangsung lebih efektif dalam menurunkan jumlah mikroorganisme. Selain itu, bakteri indikator pencemaran umumnya lebih banyak ditemukan pada lapisan air tanah dangkal yang lebih mudah menerima rembesan dari permukaan. Oleh karena itu, sumur dengan kedalaman yang lebih besar cenderung memiliki kualitas bakteriologis yang lebih baik, meskipun faktor lain seperti konstruksi sumur dan kondisi sanitasi lingkungan juga berpengaruh. Hal tersebut didukung oleh penelitian Sanjaya *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa perlindungan sumur dari infiltrasi bahan pencemar berhubungan dengan rendahnya kandungan bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli*.

Pada media EMBA, isolat yang tumbuh membentuk koloni berwarna ungu dan putih dengan bentuk koloni *circular* (bulat). Lestari *et al.* (2024) menjelaskan bahwa media EMBA merupakan media selektif yang mengandung *methylene blue*

yang berfungsi menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif. Selain *methylene blue*, media EMBA juga mengandung gula, seperti sukrosa dan laktosa yang merupakan substrat yang dapat difermentasi oleh sebagian besar bakteri gram negatif. Selain itu, pewarna eosin yang terkandung dalam media EMBA berfungsi membedakan bakteri yang mampu memfermentasi laktosa. Bakteri yang mampu memfermentasi laktosa akan membentuk koloni berwarna merah jambu atau merah muda, sedangkan bakteri yang tidak mampu memfermentasi laktosa akan membentuk koloni berwarna putih (Nugraha & Rini, 2025).

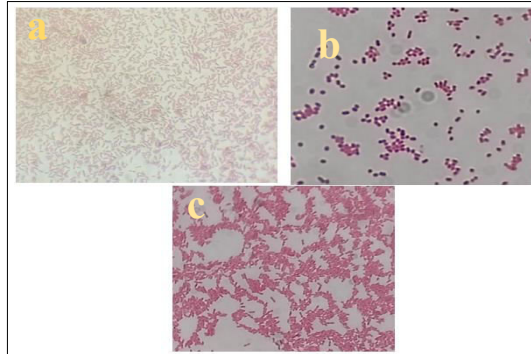


Gambar 2. (a) *Salmonella* sp; (b) *Pseudomonas aeruginosa*; dan (c) *Citrobacter freundii*.

Bakteri dapat diidentifikasi berdasarkan kemampuannya dalam menggunakan oksigen, bentuk morfologi, serta berdasarkan pewarnaan gram. Berdasarkan pewarnaan gram, bakteri dibedakan menjadi bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Perbedaan keduanya terletak pada komponen membran bakteri. Bakteri gram positif memiliki membran luar yang lebih tipis dibandingkan dengan bakteri gram negatif (Salsabila *et al.*, 2022). Hasil pewarnaan gram menunjukkan semua isolat bakteri merupakan bakteri gram negatif bentuk basil. Bakteri gram negatif berwarna merah muda setelah dilakukan pewarnaan gram. Soniman *et al.* (2022) menjelaskan warna merah muda pada bakteri gram negatif dihasilkan dari struktur dinding sel bakteri yang dilapisi oleh peptidoglikan tipis dan lapisan lipid yang tebal. Lipid yang tebal mengakibatkan sel tidak dapat mempertahankan warna kristal violet, sehingga pada saat pembersihan oleh alkohol, membran lipid rusak dan pewarna kristal violet keluar dari membran sel. Akibatnya, setelah dilakukan pewarnaan menggunakan safranin akan nampak berwarna merah muda, karena sel tidak dapat mempertahankan pewarna kristal violet.

Karakteristik bakteri gram negatif berbentuk basil yang diperoleh pada penelitian ini juga memberikan gambaran awal mengenai sifat biologis isolat yang berhasil diidentifikasi. Bakteri gram negatif umumnya memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks karena tersusun atas membran luar yang mengandung lipopolisakarida (LPS), lapisan peptidoglikan yang tipis, serta ruang periplasma. Struktur tersebut tidak hanya memengaruhi hasil pewarnaan Gram, tetapi juga berperan dalam meningkatkan ketahanan bakteri terhadap berbagai faktor lingkungan dan beberapa jenis antibiotik. Oleh karena itu, identifikasi morfologi dan karakteristik Gram merupakan tahap awal yang penting dalam proses

identifikasi bakteri sebelum dilakukan pengujian biokimia maupun identifikasi molekuler untuk menentukan spesies bakteri secara lebih akurat.



Gambar 3. Hasil Pewarnaan Gram.

(a) *Salmonella* sp; (b) *Pseudomonas aeruginosa*; dan (c) *Citrobacter freundii*.

Uji *indol* dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu bakteri memiliki enzim triptofanase yang dapat menguraikan asam amino triptofan menjadi *indol*, *piruvat*, dan *ammonia* (Rahayu & Gumilar, 2017). Hasil penelitian menunjukkan pada semua isolat bakteri tidak mengalami perubahan warna pada media SIM setelah ditetesi *reagen kovac* yang menunjukkan negatif *indol*. Tidak mengalami perubahan tersebut mengindikasikan bahwa isolat bakteri tidak memiliki enzim triptofanase yang dapat menguraikan asam amino triptofan menjadi *indol*, *piruvat*, dan *ammonia*. Hasil penelitian ini diperkuat oleh Azis *et al.* (2024) yang mengatakan hasil negatif uji *indol* ditandai dengan tidak terbentuknya cincin merah pada permukaan media.



Gambar 4. Hasil Uji Indol.

Uji *methyl red* digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu bakteri dalam memfermentasikan glukosa (Raharja *et al.*, 2023), memproduksi asam campuran (Dewi *et al.*, 2023), dan mempertahankan produk akhir berupa asam stabil dari fermentasi glukosa (Rahayu & Gumilar, 2017). Hasil penelitian menunjukkan variasi dalam uji *methyl red*. Pada isolat A1, B1, D1, E1, F2, dan G1 mengalami perubahan media setelah ditetesi *reagen methyl red* yang menunjukkan hasil positif *methyl red*. Perubahan warna tersebut mengindikasikan bahwa isolat A1, B1, D1, E1, F2, dan G1 mampu memfermentasikan glukosa, memproduksi asam campuran, dan dapat mempertahankan produk akhir berupa asam stabil dari fermentasi glukosa. Isolat bakteri B2, C1, dan F1 tidak mengalami perubahan

warna pada media setelah ditetsi *reagen methyl red*, menunjukkan hasil negatif *methyl red*. Hasil penelitian ini diperkuat oleh Khoiriyah *et al.* (2022) yang menjelaskan hasil positif *methyl red* ditandai dengan media berubah merah setelah ditambahkan *methyl red*, sedangkan hasil negatif ditandai dengan warna medium tetap atau berwarna kuning.



Gambar 5. Hasil Uji *Methyl Red*.

Uji *voges proskauer* bertujuan untuk melihat kemampuan suatu bakteri untuk menghasilkan produk netral seperti aseton (Larasati *et al.*, 2025) melalui fermentasi karbohidrat melalui jalur butanediol (Nuryanti *et al.*, 2025). Hasil penelitian menunjukkan, media berwarna cokelat setelah ditambahkan larutan *alfa naftol* dan KOH 40% yang menunjukkan hasil negatif *voges proskauer*. Perubahan warna tersebut mengindikasikan bahwa seluruh isolat bakteri tidak mampu untuk menghasilkan produk netral seperti aseton (-). Hasil temuan ini diperkuat oleh Kamaliah *et al.* (2025) yang mengatakan positif uji VP ditandai dengan terbentuknya senyawa merah pada media, sedangkan hasil negatif ditandai dengan media berwarna kuning pucat hingga cokelat.



Gambar 6. Hasil Uji *Voges Proskauer*.

Uji sitrat bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bakteri untuk menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon (Kembuan *et al.*, 2024). Hasil penelitian menunjukkan seluruh isolat mampu mengubah warna media *simmons citrate agar* dari hijau menjadi biru setelah isolat bakteri diinkubasi selama 24 jam yang menunjukkan hasil sitrat positif. Perubahan warna tersebut mengindikasikan bahwa seluruh isolat bakteri mampu menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon. Hasil temuan ini diperkuat oleh Apriyanthi *et al.*

(2022) yang mengatakan hasil positif ditandai dengan medium berubah warna dari hijau menjadi biru yang berarti pH pada medium meningkat, karena bakteri menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon.

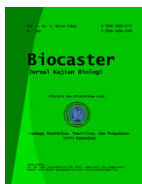


Gambar 7. Hasil Uji Sitrat.

Dari hasil identifikasi morfologi pada media EMBA, pewarnaan gram, dan uji biokimia IMVIC, isolat A1, B1, E1, F1, dan G1 secara presumtif diidentifikasi sebagai *Salmonella* sp., yang memiliki karakteristik koloni berwarna putih dan *circular* pada media EMBA, menunjukkan bakteri tidak dapat memfermentasikan laktosa. Hasil temuan ini diperkuat oleh Toruan *et al.* (2023) yang mengatakan *Salmonella* sp., tidak dapat memfermentasikan laktosa, sehingga koloni bakteri ini berwarna putih pada media EMBA. Karakteristik lainnya, yaitu isolat bakteri gram negatif, bentuk basil, negatif bentuk basil, *indol* negatif, *methyl red* positif, negatif *voges-proskauer*, dan citrat positif. Temuan ini sesuai dengan penelitian Khakim & Rini (2018) yang menyatakan *Salmonella* sp., merupakan bakteri gram negatif bentuk basil, *indol* negatif, *methyl red* positif, negatif *voges-proskauer*, dan citrat positif.

Salmonella sp., memiliki habitat di semua lingkungan, dapat ditemukan di saluran pencernaan manusia, produk pangan mentah, air yang terkontaminasi, dan lingkungan yang lembap dan tercemar. Keberadaan *Salmonella* sp., pada sumur 1, 2, 5, 6, dan 7 diduga berkaitan dengan potensi kontaminasi dari lingkungan sekitar sumur. Sumur 1 memiliki jarak yang relatif dekat dengan *septic tank*, yaitu 5 meter serta kondisi sumur yang tidak tertutup dan konstruksi dinding yang buruk. Kondisi tersebut memungkinkan masuknya air permukaan maupun rembesan yang membawa bakteri ke dalam sumur. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Novarianti & Amsal (2022) yang menunjukkan bahwa kondisi konstruksi sumur gali dan jarak sumber pencemar memiliki hubungan yang signifikan dengan kualitas bakteri *Coliform*. Kondisi konstruksi sumur gali yang buruk memudahkan air yang berada dalam sumur terkontaminasi sumber pencemar, yakni bakteri *Coliform*.

Aida (2024) menjelaskan bahwa jarak antara sumur gali dengan sumber pencemar yang kurang dari 10 meter memiliki potensi untuk terkontaminasi oleh bakteri *Coliform*. Kondisi ini sesuai dengan keberadaan sumur 2, 5, 6, dan 7 yang dimana konstruksi sumurnya baik, tetapi jarak sumur gali dengan sumber pencemar masih kurang dari 10 meter akan tetap memiliki potensi untuk terkontaminasi oleh bakteri *Coliform*.



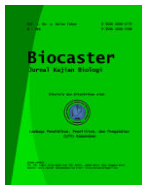
Salmonella sp., merupakan bakteri patogen dari famili Enterobacteriaceae yang dapat menyebabkan infeksi yang menyerang usus manusia, sehingga mengganggu fungsi usus dalam menyerap makanan. *Salmonella* sp., dapat menginfeksi manusia melalui mengkonsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi bakteri ini. Infeksi yang disebabkan oleh *Salmonella* sp., disebut sebagai *salmonellosis*. *Salmonellosis* merupakan infeksi yang mengganggu saluran pencernaan pada manusia (Syauqi, 2017) yang menyebabkan kerusakan pada jaringan sel epitel usus dan menimbulkan gejala berupa gastroenteritis, diare, sakit perut, demam atau tanpa demam, sepsitemia, dan infeksi total (Wardiani *et al.*, 2025).

Demam tifoid juga menjadi masalah kesehatan di dunia, terutama pada negara berkembang termasuk Indonesia yang disebabkan oleh infeksi *Salmonella* sp. Penyakit ini dapat menyerang dari berbagai kalangan usia yang jika tidak ditangani dapat menyebabkan pendarahan saluran pencernaan, kebocoran usus, gangguan pada hati, peradangan pankreas, peradangan otot jantung, gangguan sistem saraf pusat, peradangan pada peritoneum, dan bisa berakhir dengan kematian (Ardila *et al.*, 2024). Infeksi bakteri ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti *personal hygiene*, tidak mencuci tangan dengan sabun sebelum makan, kebiasaan jajan di luar, persediaan air bersih, dan sanitasi lingkungan buruk (Amanda *et al.*, 2025).

Isolat B2 dan F2 secara presumtif diidentifikasi sebagai sebagai *Pseudomonas aeruginosa* yang memiliki karakteristik koloni berwarna putih dan *circular* pada media EMBA, menunjukkan bakteri tidak dapat memfermentasikan laktosa. Endraputra *et al.* (2021) menyatakan *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri yang tidak dapat memfermentasikan laktosa (*non-fermenter lactose*), sehingga pada media EMBA koloni tampak berwarna putih. Karakteristik lainnya, yaitu isolat bakteri gram negatif bentuk basil, negatif uji *indol*, negatif *methyl red*, negatif *voges-proskauer*, dan positif sitrat. Temuan ini sesuai dengan penelitian Scania & Ningsih (2023), bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri gram negatif, aerobik, tidak membentuk spora, koloni *circular*, negatif *indol*, negatif *methyl red*, negatif *voges-proskauer*, dan positif sitrat.

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri gram negatif aerobik dan motil, dapat ditemukan hidup di tanah, air laut, dan air tawar, dapat menyebabkan penyakit pada manusia sehat, serta dapat mengkolonisasi hewan dan tanaman (Ananda *et al.*, 2026). Keberadaan *Pseudomonas aeruginosa* pada sumur 2 dan 6 menunjukkan adanya kontaminasi mikroba yang kemungkinan dari lingkungan sekitar sumur. Sumur 2 memiliki jarak 7,6 meter dari *septic tank* dengan kondisi sumur yang baik, tetapi masih ditemukan *Pseudomonas aeruginosa*. Hasil temuan ini sejalan dengan penelitian Syafarida *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa sanitasi lingkungan sekitar sumur berpengaruh terhadap kontaminasi mikrobiologis air tanah. Sanitasi lingkungan di sekitar sumur gali perlu diperhatikan untuk mencegah kontaminasi terhadap air sumur, karena sanitasi lingkungan yang dapat menjadi sumber pencemar apabila jaraknya kurang dari 10 meter adalah seperti *septic tank*, tempat pembuangan, dan saluran pembuangan air limbah.

Pseudomonas aeruginosa telah ditetapkan oleh World Health Organization (WHO) dalam daftar bakteri "patogen prioritas", dikenal sebagai prototipe patogen

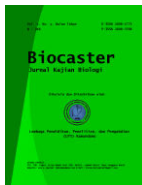


multi-drug resistant dengan kemampuan bertahan hidup di berbagai kondisi lingkungan, serta dapat menyebabkan infeksi nosokomial (Rachman *et al.*, 2025). Infeksi nosokomial adalah infeksi yang didapat oleh pasien selama menjalani perawatan di rumah sakit (Ribeiro *et al.*, 2020). Bakteri ini menyebabkan infeksi nosokomial melalui peralatan medis, karena bakteri ini cenderung berkembang biak pada permukaan yang basah. Selain itu, *Pseudomonas aeruginosa* patogen oportunistik yang resisten terhadap berbagai obat dan resisten antibiotik yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan infeksi akut pada individu dengan imun lemah (Qin *et al.*, 2022). Infeksi yang ditimbulkan meliputi pneumonia, *Ventilator-Associated Pneumonia* (VAP), infeksi saluran kemih, bakteremia, sepsis, infeksi luka bakar, infeksi luka operasi, dan infeksi jaringan lunak (Singh *et al.*, 2024).

Isolat C1 dan D1 secara presumtif diidentifikasi sebagai *Citrobacter freundii* memiliki karakteristik koloni berwarna ungu bentuk *circular* pada media EMBA. Koloni berwarna ungu pada media EMBA menunjukkan kemampuan bakteri memfermentasi laktosa. Warna ungu mengindikasikan fermentasi yang lebih lemah dibandingkan *Escherichia coli* yang menghasilkan hijau metalik. Witaningrum *et al.* (2021) menjelaskan genus *Citrobacter* diketahui mampu memfermentasikan laktosa, namun beberapa *strain* bersifat fermentasi laktosa lambat (*delay lactose fermenter*). Karakteristik lainnya, yaitu bakteri gram negatif berbentuk basil, negatif *indol*, positif *methy*l red, negatif *voges-proskauer*, dan positif sitrat. Hasil temuan ini sesuai dengan penelitian Khodabandeh *et al.* (2025) yang menyatakan *Citrobacter freundii* bakteri gram negatif bentuk basil, negatif *indol*, positif *methy*l red, negatif *voges-proskauer*, dan positif sitrat.

Spesies *Citrobacter freundii* termasuk bakteri *Coliform* dari famili Enterobacteriaceae bakteri batang gram-negatif, anaerob fakultatif, tidak membentuk spora, dapat ditemukan di lingkungan, termasuk air, tanah, makanan, dan dapat mengkolonisasi saluran usus manusia dan hewan (Chenhaka *et al.*, 2023). Ditemukannya *Citrobacter freundii* pada sumur 3 dan 4 yang berjarak masing-masing 2,5 dan 6 meter dari saluran pembuangan dengan kondisi sumur yang buruk, yaitu sumur tidak tertutup dan dinding sumur yang rendah dari permukaan tanah. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Tangkilisan *et al.* (2018), yaitu faktor konstruksi sumur dan jarak sumur gali terhadap sumber pencemar yang tidak memenuhi syarat, sehingga dapat menyebabkan kontaminasi air sumur gali oleh bakteri *Coliform*. Selain itu, *Citrobacter freundii* merupakan bakteri yang berasal dari feses manusia dan hewan, sumur gali yang tidak tertutup dan bibir sumur yang rendah dengan permukaan tanah dapat terkontaminasi dengan mudah oleh bakteri *Coliform*. Hasil temuan ini didukung oleh penelitian Aminah & Wahyuni (2018) yang menyatakan adanya *Coliform* pada sampel air sumur berhubungan antara konstruksi sumur dan jarak sumur dengan sumber pencemar terhadap total *Coliform*.

Citrobacter freundii dilaporkan bersifat patogen dapat menyebabkan infeksi pada berbagai organ, termasuk saluran kemih, pencernaan, pernafasan, dan sistem saraf pusat. Sebagai patogen oportunistik, spesies *Citrobacter* dapat menginfeksi neonatus, lansia, dan pada penderita gangguan imun (Xian *et al.*, 2023). *Citrobacter freundii* diketahui dapat menyebabkan beberapa penyakit infeksi, seperti neonatal meningitis, gastroenteritis, sindrom hemolitik uremik, dan infeksi saluran



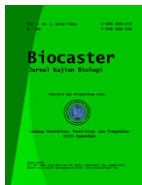
hepatobiliary pada orang dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah (Parapat & Prasetya, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bakteri *Escherichia coli* pada sampel air sumur gali. Berdasarkan dari hasil identifikasi makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia IMVIC, dari 10 sampel sumur gali tidak ditemukan karakteristik bakteri *Escherichia coli* pada sampel air sumur gali yang diteliti. Meskipun isolat bakteri yang diperoleh menunjukkan karakteristik koloni yang beragam dan didominasi oleh bakteri gram negatif berbentuk basil. Namun, hasil uji biokimia IMVIC tidak menunjukkan karakteristik umum bakteri *Escherichia coli*.

Beberapa kemungkinan faktor yang menyebabkan tidak ditemukannya bakteri *Escherichia coli* pada sampel air sumur gali, seperti sanitasi lingkungan yang baik, sumber pencemar, kondisi lingkungan, dan waktu pengambilan sampel. Azizah & Rivai (2023) menyebutkan jenis tanah yang terdapat pada suatu daerah dapat menyebabkan kontaminasi air tanah. Salah satu jenis tanah tersebut, yaitu tanah berpasir, dimana jenis tanah ini mengandung partikel yang lebih besar, sehingga memiliki daya tembus yang lebih besar juga. Di daerah penelitian, jenis tanah cenderung tanah bertekstur liat dan padat. Hidayat & Graha (2017) menjelaskan jenis tanah liat (*clay*) memiliki pori-pori yang kecil, sehingga daya serap airnya rendah dan pergerakan air di dalam tanah berlangsung lebih lama. Meskipun, jarak antara sumur gali dengan *septic tank* memiliki hubungan yang signifikan terhadap keberadaan bakteri *Escherichia coli* (Achmad *et al.*, 2020), dekat dengan kandang ternak, dan sumber pencemar lainnya, tetapi apabila jenis tanah pada suatu daerah merupakan tanah liat, air dari *septic tank* memiliki kemungkinan yang kecil untuk mengontaminasi air tanah dalam skala daerah yang besar.

Dalam penelitian Novarianti & Amsal (2022), ditemukan bahwa adanya hubungan signifikan konstruksi sumur dengan kualitas bakteri *Coliform*, sedangkan hasil analisis statistik pada variabel jarak sumber pencemar menggunakan uji *chi square* menunjukkan tidak ada hubungan yang signifikan antara jarak sumber pencemar dengan kualitas bakteri *Escherichia coli*. Penelitian variasi lainnya oleh Sanjaya *et al.* (2024) menyebutkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konstruksi sumur gali dengan kandungan *Escherichia coli*, tidak ada hubungan yang signifikan antara jarak sumber pencemar dengan kandungan *Escherichia coli*, serta tidak ada hubungan yang signifikan antara konstruksi sumur gali dan jarak sumber pencemar secara simultan dengan kandungan *Escherichia coli*. Aida (2024) menjelaskan bahwa meskipun terdapat hubungan yang signifikan jarak *septic tank* terhadap sumur gali dengan total *Coliform*, tetapi tidak terhadap kandungan *Escherichia coli*, menunjukkan bahwa faktor lain seperti kualitas konstruksi *septic tank* dan praktik sanitasi lainnya juga memainkan peran penting dalam menentukan tingkat kontaminasi.

Selain itu, waktu pengambilan sampel juga dapat memengaruhi keberadaan bakteri *Escherichia coli* seperti pada musim kemarau. Sedangkan, pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2026 pada saat musim kemarau. Dotulung *et al.* (2024) menjelaskan bahwa pada musim kemarau, curah hujan yang rendah menyebabkan berkurangnya limpasan permukaan dan infiltrasi



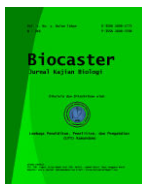
air yang dapat membawa bakteri kontaminan fekal ke dalam tanah. Jika pada musim kemarau jumlah air yang bergerak melalui tanah lebih sedikit, maka peluang bakteri untuk terbawa menuju sumur juga menurun.

Hasil penelitian ini memiliki implikasi praktis bagi masyarakat Dusun Penemung dalam upaya menjaga kualitas mikrobiologi air sumur gali. Ditemukannya *salmonella* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Citrobacter freundii* menunjukkan bahwa sebagian sumur masih berpotensi mengalami kontaminasi mikrobiologis. Oleh karena itu, masyarakat perlu melakukan pengelolaan sumur yang baik, seperti menjaga kebersihan lingkungan sekitar sumur, menghindari penumpukan sampah dan genangan air di sekitar sumur, serta memastikan tidak terdapat sumber pencemar yang berpotensi mencemari air tanah.

Perbaikan konstruksi sumur juga perlu menjadi perhatian, terutama pada sumur yang tidak memiliki penutup, bibir sumur yang rendah, atau dinding sumur yang belum kedap air. Konstruksi sumur yang memenuhi persyaratan kesehatan dapat mengurangi masuknya air permukaan yang membawa mikroorganisme patogen ke dalam sumur. Selain itu, jarak antara sumur dan sumber pencemar, *septic tank*, saluran pembuangan air limbah, maupun kandang ternak, perlu tetap memerhatikan ketentuan yang berlaku agar risiko kontaminasi mikrobiologis dapat diminimalkan.

Penelitian ini mengidentifikasi bakteri berdasarkan karakteristik morfologi koloni pada media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA), pewarnaan gram, dan uji biokimia IMViC. Metode tersebut merupakan metode identifikasi fenotipik yang umum digunakan sebagai identifikasi awal, karena mampu memberikan gambaran karakteristik bakteri berdasarkan sifat morfologi dan biokimia. Namun, beberapa genus bakteri memiliki karakteristik fenotipik yang serupa, sehingga identifikasi menggunakan metode ini belum dapat memastikan identifikasi isolat hingga tingkat spesies. Oleh karena itu, hasil identifikasi pada penelitian ini masih bersifat dugaan yang mengarah pada *salmonella* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Citrobacter freundii*. Untuk memperoleh identifikasi yang lebih akurat, diperlukan metode konfirmasi seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR), *sequencing gen 16S rRNA*, atau metode molekuler lainnya.

Tidak ditemukannya *Escherchia coli* pada seluruh sampel air sumur gali tidak sepenuhnya menunjukkan bahwa bakteri tersebut benar-benar tidak terdapat pada lokasi penelitian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Escherchia coli* tidak terdeteksi menggunakan metode kultur yang digunakan dalam penelitian ini. Kemungkinan terjadinya hasil negatif palsu (*false negative*) tetap dapat terjadi, misalnya apabila jumlah bakteri dalam sampel sangat sedikit, bakteri berada dalam kondisi stress atau *Viable But Non-Culturable* (VBNC), sehingga tidak mampu tumbuh pada media kultur, atau dipengaruhi oleh sensitivitas metode identifikasi yang digunakan. Dugaan ini diperkuat oleh penelitian Wardiani *et al.* (2025) yang mengatakan sel bakteri yang mengalami stres lingkungan atau berada dalam kondisi VBNC tetap hidup, tetapi tidak dapat membentuk koloni pada media kultur, sehingga berpotensi menghasilkan hasil *false* negatif. Oleh karena itu, penggunaan metode molekuler dengan sensitivitas yang lebih tinggi dapat dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya untuk mengonfirmasi keberadaan *Escherchia coli* pada air sumur gali.



Penyusunan Buku Petunjuk Praktikum Mikrobiologi

Berdasarkan hasil identifikasi bakteri *Escherichia coli* pada sampel air sumur gali, penelitian ini tidak hanya menghasilkan data mengenai keberadaan bakteri, tetapi juga menghasilkan produk pembelajaran berupa buku petunjuk praktikum mikrobiologi. Penyusunan buku tersebut dilakukan dengan memanfaatkan hasil penelitian sebagai sumber belajar kontekstual, sehingga materi praktikum menjadi lebih relevan dengan kondisi nyata di lingkungan sekitar.

Dalam pelaksanaan praktikum, diperlukan panduan yang sistematis, relevan, dan sesuai dengan capaian pembelajaran. Rustaman (dalam Fauziah & Fahrudin, 2022) berpendapat bahwa petunjuk praktikum merupakan salah satu fasilitas yang dibutuhkan untuk memudahkan kegiatan pembelajaran di laboratorium, sehingga tercapai tujuan pembelajaran. Pentingnya pengembangan petunjuk praktikum digunakan, yaitu untuk mengaktifkan mahasiswa dan membantu mengembangkan keterampilan proses dengan kegiatan pada petunjuk praktikum mikrobiologi. Oleh karena itu, buku petunjuk harus divalidasi sebelum digunakan dalam proses pembelajaran.

Model Pengembangan

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 4D (*Four-D Model*) yang dikembangkan oleh Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel tahun 1974. Model ini terdiri dari empat tahapan, yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran). Namun dalam penelitian ini, pengembangan hanya dilakukan sampai tahap *develop*, yaitu pada tahap validasi oleh ahli/validator, tanpa penyebaran produk secara luas.

Prosedur Pengembangan

Langkah-langkah dalam pengembangan produk dilakukan sebagai berikut: 1) tahap *define*, yaitu menganalisis kebutuhan peserta didik, kompetensi dasar, karakteristik materi mikrobiologi, dan konteks lokal yang relevan; 2) tahap *design*, yaitu menyusun *draft* awal buku petunjuk praktikum, termasuk struktur isi, tujuan praktikum, prosedur kerja, serta aspek keselamatan kerja; 3) tahap *develop*, yaitu melakukan validasi terhadap buku petunjuk oleh ahli (validator) dari segi isi, bahasa, dan penyajian; dan 4) revisi produk, yaitu memperbaiki produk berdasarkan masukan dan saran dari validator.

Subjek Validasi

Subjek yang terlibat dalam proses validasi adalah 3 orang validator yang terdiri atas dosen ahli media, ahli bahasa, dan ahli materi dalam bidang mikrobiologi. Para validator memberikan penilaian terhadap buku petunjuk menggunakan lembar validasi yang telah disiapkan.

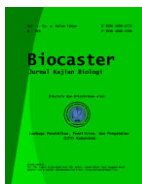
Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar validasi yang memuat tiga aspek penilaian, yaitu aspek media, aspek bahasa, dan aspek materi.

Teknik Analisis Data

Persamaan yang digunakan untuk menghitung validitas perangkat pembelajaran adalah rumus *Aiken's V* sebagai berikut:

$$V = \frac{\sum S}{n(C-1)}$$



Keterangan:

V = Indeks validitas;

s = r-lo;

r = Angka yang diberikan oleh penilai;

lo = Angka penilaian validitas yang terendah yakni (1); dan

c = Angka penilaian validitas tertinggi yakni (5).

Tabel 3. Kriteria Kevalidan Petunjuk Praktikum Mikrobiologi.

Rentang Nilai	Kriteria Kevalidan
$V \geq 0.4$	Kurang Valid
$0.4 > V < 0.8$	Valid
$V \geq 0.8$	Sangat Valid

Tabel 4. Hasil Validasi oleh Validator.

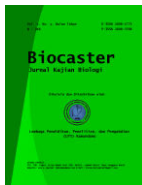
No.	Validator	Nilai <i>Aiken's V</i>	Kategori
1	Ahli Media	0.86	Sangat Valid
2	Ahli Bahasa	0.86	Sangat Valid
3	Ahli Materi	0.56	Valid

Hasil Validasi Buku Petunjuk Praktikum Mikrobiologi

Buku petunjuk praktikum mikrobiologi yang dikembangkan pada penelitian ini telah melalui tahap validasi oleh tiga validator, yaitu ahli media, ahli bahasa, dan ahli materi. Validasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan buku petunjuk praktikum sebelum digunakan sebagai bahan ajar dalam kegiatan praktikum mikrobiologi. Hasil validasi ahli media memperoleh nilai *Aiken's V* sebesar 0,87 sehingga termasuk kategori sangat valid. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aspek tampilan buku petunjuk praktikum yang meliputi desain sampul, tata letak, pemilihan huruf, ilustrasi, dan penyajian isi telah memenuhi kriteria kelayakan media pembelajaran. Tampilan media yang baik dapat meningkatkan daya tarik serta memudahkan peserta didik dalam memahami materi yang disajikan. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramadhani *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa perangkat pembelajaran dengan nilai validitas tinggi berdasarkan *Aiken's V* dinyatakan layak digunakan dalam proses pembelajaran.

Validasi oleh ahli bahasa memperoleh nilai *Aiken's V* sebesar 0,86 dengan kategori sangat valid. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan bahasa, struktur kalimat, penggunaan istilah ilmiah, dan keterbacaan buku telah sesuai dengan Kaidah Bahasa Indonesia, sehingga mudah dipahami oleh pengguna. Bahasa yang baik dan benar pada bahan ajar berperan penting dalam mengurangi kesalahan penafsiran dan membantu peserta didik memahami konsep yang dipelajari. Temuan ini didukung oleh penelitian Kartikaningrum (2024) yang menyatakan bahwa aspek kebahasaan merupakan salah satu komponen utama dalam menentukan validitas bahan ajar.

Hasil validasi ahli materi memperoleh nilai *Aiken's V* sebesar 0,56 dengan kategori valid. Hal ini menunjukkan bahwa isi buku telah sesuai dengan tujuan praktikum, meskipun masih memerlukan penyempurnaan berdasarkan saran validator, terutama pada penggunaan gambar yang lebih representatif. Dengan demikian, buku telah memenuhi kelayakan isi sebagai media pendukung praktikum. Revisi berdasarkan masukan validator bertujuan meningkatkan kualitas isi dan kejelasan penyampaian materi, sehingga buku menjadi lebih efektif digunakan.



Hasil ini sejalan dengan penelitian Mulyati *et al.* (2022) dan Safnowandi (2024) yang menyatakan bahwa revisi berdasarkan hasil validasi ahli merupakan bagian penting dalam menghasilkan bahan ajar yang layak.

Berdasarkan hasil validasi oleh ahli media, ahli bahasa, dan ahli materi, buku petunjuk praktikum mikrobiologi yang dikembangkan menunjukkan tingkat kelayakan yang baik. Meskipun terdapat beberapa saran perbaikan, seperti penyempurnaan ilustrasi dan penyajian materi, revisi telah dilakukan sesuai masukan dari para validator. Dengan demikian, buku petunjuk praktikum yang dikembangkan telah memenuhi aspek isi, kebahasaan, dan media, sehingga layak digunakan sebagai penunjang kegiatan praktikum mikrobiologi. Keberadaan buku petunjuk praktikum ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam memahami prosedur praktikum secara sistematis, meningkatkan keterampilan praktikum, serta mendukung proses pembelajaran yang lebih efektif dan kontekstual, karena disusun berdasarkan hasil penelitian identifikasi *Escherichia coli* pada air sumur gali.

SIMPULAN

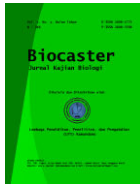
Penelitian ini menunjukkan bahwa *Escherichia coli* tidak terdeteksi pada 10 sampel air sumur gali di Dusun Penemung berdasarkan identifikasi menggunakan media EMBA, morfologi koloni, pewarnaan gram, dan uji biokimia IMViC. Berdasarkan karakteristik fenotipik yang diperoleh, isolat secara presumtif diduga merupakan *Salmonella* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Citrobacter freundii*. Namun, identifikasi tersebut masih memerlukan konfirmasi menggunakan metode molekuler atau sistem identifikasi bakteri otomatis untuk memastikan identitas isolat. Penelitian ini juga menghasilkan buku petunjuk praktikum mikrobiologi berbasis hasil penelitian yang telah divalidasi oleh ahli media, ahli bahasa, dan ahli materi dengan nilai *Aiken's V* berturut-turut sebesar 0,86 (sangat valid), 0,86 (sangat valid), dan 0,56 (valid). Hasil tersebut menunjukkan bahwa buku petunjuk praktikum memenuhi aspek media, bahasa, dan materi, sehingga layak digunakan sebagai penunjang kegiatan praktikum mikrobiologi.

SARAN

Disarankan untuk dilakukan penelitian berikutnya menggunakan sampel dengan jumlah yang lebih banyak dan mencakup lokasi sumur yang lebih beragam agar hasil lebih representatif, dan pengambilan sampel disarankan dilakukan pada musim yang berbeda dengan penelitian ini untuk membuktikan dugaan peneliti dan menambahkan uji biokimia lainnya, seperti TSIA, uji urease, uji motilitas, dan uji H₂S untuk meningkatkan ketepatan identifikasi bakteri hingga tingkat spesies. Selain itu, identifikasi molekuler menggunakan analisis gen 16S rRNA dilakukan untuk memastikan identitas isolat secara akurat.

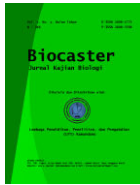
UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta bimbingan selama proses penelitian ini. Terima kasih kepada dosen pembimbing atas arahan dan masukan yang sangat berharga, kepada pihak laboratorium yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian, serta kepada teman-teman penulis yang selalu mendampingi saat proses penelitian.

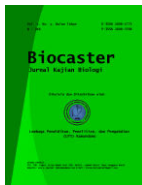


DAFTAR RUJUKAN

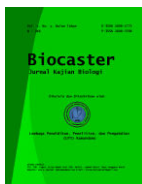
- Achmad, B. K., Jayadipraja, E. A., Sunarsih, S., & Mangidi, M. A. G. T. (2020). Relationships between Septic Tank Construction and Number of *Escherichia coli* in Dug Well Water in Rahandouna Village, Kendari, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Journal of Epidemiology and Public Health*, 5(2), 150-157.
- Aida, N. N. (2024). Pengaruh Jarak Tangki Septik terhadap Adanya Pencemaran Bakteri pada Air Sumur Gali: Sebuah Tinjauan *Literature*. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 5(2), 4299–4307. <https://doi.org/10.31004/jkt.v5i2.28789>
- Amalia, I. N., & Anggara, O. C. (2024). Uji Kadar *E. coli* dan *Coliform* pada Sampel Air Minum Menggunakan Metode Membran *Filter* di Labkesda Bojonegoro. *Jurnal EnviScience (Environment Science)*, 8(2), 106–113. <https://doi.org/10.30736/jev.v8i2.748>
- Amanda, R., Rijai, L., & Arifuddin, M. (2025). Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria from the Washing Water of Mayas Rice, a Traditional Mountain Rice from East Kalimantan. *Jurnal Riset Naturafarm*, 2(2), 96-104. <https://doi.org/10.70392/jrn.v2i2.96104>
- Aminah, S., & Wahyuni, S. (2018). Hubungan Konstruksi Sumur dan Jarak Sumber Pencemaran terhadap Total *Coliform* Air Sumur Gali di Dusun 3A Desa Karang Anyar Kecamatan Jati Agung Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Analis Kesehatan*, 7(1), 698-703. <https://doi.org/10.26630/jak.v7i1.921>
- Ananda, W. S., Nurmaulawati, R., & Kurniawati, N. (2026). Identifikasi dan Penegasan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Menggunakan Uji PCR pada Air Mandi di Pondok Pesantren X Penyebab Gatal pada Santri. *Jurnal Farmasi IKIFA*, 5(1), 18-31.
- Anwar, Y. W. (2025). Pengaruh Pencemaran Air Sungai terhadap Kesehatan Lingkungan dan Masyarakat: *Literature Review*. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(2), 5061-5073. <https://doi.org/10.31004/jkt.v6i2.43127>
- Apriyanti, R. V., Laksmi, A. S., & Widayanti, N. P. (2022). Identifikasi Bakteri Kontaminan pada Gelang *Tri Datu*. *Bioma : Jurnal Biologi Makassar*, 7(2), 24-33. <https://doi.org/10.20956/bioma.v7i2.21214>
- Ardila, L. S., Tosepu, R., & Zainuddin, A. (2024). Identifikasi Bakteri *Escherichia coli* Dan Kualitas Fisik Air pada Bak Penampungan Air Umum Terbuka Desa Tapulaga Kecamatan Soropia Tahun 2023. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, 11(5), 968-975. <https://doi.org/10.33024/jikk.v11i5.14234>
- Artanti, I., & Mustakim, A. (2025). Isolasi dan Identifikasi Aktivitas Bakteri pada Air Batang Bungo. *Algoritma : Jurnal Matematika, Ilmu pengetahuan Alam, Kebumihan dan Angkasa*, 3(5), 25-33. <https://doi.org/10.62383/algoritma.v3i5.724>
- Azhari, A. R., Irawati, S., & Sari, M. (2025). Akses terhadap Air Bersih dan Sanitasi Layak dalam Pencegahan Penyakit Tropis Terabaikan : Sebuah Tinjauan Sistematis. *Jurnal Ners*, 9(3), 3815–3824. <https://doi.org/10.31004/jn.v9i3.45501>
- Azis, N. D., Mahatmi, H., Suardana, I. W., & Sanjaya, G. P. (2024). Contamination *Salmonella* spp. in Broiler Chicken Meat Sold in the Badung Market During



- the Transitional Season Period. *Buletin Veteriner Udayana*, 16(3), 719-726. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2024.v16.i3.p10>
- Azizah, N., & Rivai, A. (2023). Faktor yang Berhubungan dengan Keberadaan Bakteri *Escherichia coli* pada Air Sumur Gali di Kelurahan Jeppe'e Kec. Tanete Riattang Barat Kab. Bone. *Sulolipu : Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 23(2), 207-215. <https://doi.org/10.32382/sulo.v23i2.71>
- Bria, D. I., Missa, H., & Sombo, I. T. (2022). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri *Escherichia coli* pada Bahan Pangan Berbasis Daging di Kota Kupang. *Juster : Jurnal Sains dan Terapan*, 1(2), 82-89. <https://doi.org/10.55784/juster.v1i2.179>
- Candrawati, T. H., Hasbi, N., & Rosyunita, R. (2025). Profile of *Staphylococcus aureus* Originating from Nasal Cavity Swabs of Food Handlers at the University of Mataram Canteen. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 1611-1622. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i2.8742>
- Chenhaka, L. H., Van Wyk, D. A. B., Mienie, C., Bezuidenhout, C. C., & Lekota, K. E. (2023). The Phylogenomic Landscape of Extended-Spectrum β -Lactamase Producing *Citrobacter* Species Isolated from Surface Water. *BMC genomics*, 24(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12864-023-09867-4>
- Dappa, E., Marilyn, S., & Sahdan, M. (2023). Gambaran Inspeksi Sanitasi Sumur Gali dengan Kandungan Bakteriologis Air Sumur Gali di Wilayah Kerja Puskesmas Sikumana Kota Kupang Tahun 2022. *Sehat Rakyat : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2(1), 23-32. <https://doi.org/10.54259/sehatrakyat.v2i1.1203>
- Dewi, A. L., Kallau, N. H. G., & Detha, A. I. R. (2023). Deteksi *Escherichia coli* Resisten Antibiotik pada Sumber Air dari Lingkungan Peternakan Unggas di Kecamatan Kelapa Lima Kota Kupang. *Jurnal Veteriner Nusantara*, 6(2), 278-292. <https://doi.org/10.35508/jvn.v6i2.9006>
- Dotulung, V. L., Kaseke, M. M., & Tahulending, J. M. (2024). Hubungan antara Jarak Jamban dengan Sumur dan Keberadaan *Escherichia coli* dalam Air Tanah: Studi Cross-Sectional di Kota Manado. *Jurnal Promotif Preventif*, 8(3), 692-698. <https://doi.org/10.47650/jpp.v8i3.2137>
- Endraputra, P. N., Kuntaman, K., Wasito, E. B., Shirakawa, T., Raharjo, D., & Setyarini, W. (2021). Profile Variation of Bla Genes among Non-Lactose Fermenting Gram-Negative Bacilli between Clinical and Environmental Isolates of Dr. Soetomo Hospital, Surabaya, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(11), 5047-5054. <https://doi.org/10.13057/BIODIV/D221141>
- Fatiqin, A., Novita, R., & Apriani, I. (2019). Pengujian *Salmonella* dengan Menggunakan Media SSA dan *E. coli* Menggunakan Media EMBA pada Bahan Pangan. *Indobiosains*, 1(1), 22-29. <https://doi.org/10.31851/indobiosains.v1i1.2206>
- Fauziah, A., & Fahrudin, A. (2022). Pengembangan Buku Petunjuk Praktikum Biologi Umum untuk Mahasiswa Program Sarjana Prodi Tadris Biologi UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung. *Quagga : Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 14(1), 1-8.
- Haiga, Y., Anggraini, D., Oktora, M. Z., & Wanandri, P. (2025). Karakteristik

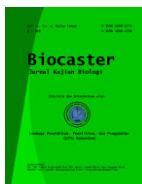


- Pasien HIV/AIDS dengan Infeksi Oportunistik di RSUP Dr. M. Djamil Padang, Tahun 2021. *Scientific Journal*, 4(2), 116-124. <https://doi.org/10.56260/sciena.v4i2.222>
- Hermayani, D., Astuty, E., & Hursepuny, V. (2025). Analisis Cemarkan Bakteri pada Jajanan Bakso Ikan di Sekolah Dasar Negeri Kecamatan Sirimau Kota Ambon. *Jurnal Wiyata : Penelitian Sains dan Kesehatan*, 12(2), 121-127. <https://doi.org/10.56710/wiyata.v12i2.872>
- Hidayat, A., & Graha, G. S. (2017). Kajian Analisis Perbandingan Jumlah Pemanfaatan Air Tanah. *Sinergi*, 21(1), 17-22. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2017.1.003>
- Ilsan, N. A., Inggraini, M., Elsa, L. P., & Alfath, S. D. (2025). Identification and Characterization of Bacteria from Feces and River in East Bekasi Using Biochemical Test. *Bioma*, 21(1), 52-63. <https://doi.org/10.21009/bioma.v21i1.49141>
- Iswanto, H., & Adi, S. (2018). Survei Ketersediaan dan Kelayakan Sarana Prasarana Senam Artistik di Persani Kota Malang. *Indonesia Performance Journal*, 2(1), 48-54. <http://dx.doi.org/10.17977/um077v2i12018p48-54>
- Iswanto, N., Ernawati, R., Lestari, A. D. N., & Rahyuni, D. (2023). Status Mutu Air Sumur Gali di Wilayah Kerja Enam Puskesmas Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 15(1), 45-60. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol15.iss1.art4>
- Kamaliah, Junita, M., Fajri, C. Z., Khalida, M., Mahara, T., Thahira, A., & Fitria. (2025). Analisis Cemarkan Bakteri *Coliform* pada Pangan Segar Asal Tanaman di Banda Aceh Menggunakan Metode MPN (*Most Probable Number*). *Kenanga : Jurnal of Biological Science and Applied Biology*, 5(2), 144-154. <https://doi.org/10.22373/kenanga.v5i2.8413>
- Kantamaryana, F. N. A., Balia, R. L., & Putranto, W. S. (2024). Isolation, Identification, and Resistance Test of *Escherichia coli* to Antibiotics in Ujung Berung Broiler Poultry. *Jurnal Sain Veteriner*, 42(3), 317-326. <https://doi.org/10.22146/jsv.92624>
- Kartikaningrum, D. M. (2024). Uji Validitas dan Reliabilitas Bahan Ajar Menggunakan Formula Aiken's *V* dan SPSS. 22 terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(1), 879-885.
- Karunia, E., Kurniatuhadi, R., & Yanti, A. H. (2021). Karakterisasi Bakteri *Bacillus* sp. (Kode NrLtF5) yang Diisolasi dari Usus Cacing Nipah (*Namalycastis rhodochorde*). *Protobiont*, 10(3), 69-73. <https://doi.org/10.26418/protobiont.v10i3.55574>
- Kembuan, P. P., Mokosuli, Y. S., Lawalata, H. J., Moko, E., & Roring, V. I. (2024). Succession of Lactic Acid Bacteria on Candied Pakoba Fruit (*Syzygium luzonense*). *Soscied*, 7(2), 744-759. <https://doi.org/10.32531/jsoscied.v7i2.878>
- Khakim, L., & Rini, C. S. (2018). Identifikasi *Eschericia coli* dan *Salmonella* sp. pada Air Kolam Renang Candi Pari: Identification of *Eschericia coli* and *Salmonella* sp. on the Pari Temple Swimming Pool Water. *Medicra : Journal of Medical Laboratory Science Technology*, 1(2), 84-93.

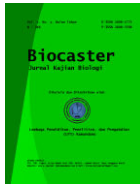


<https://doi.org/10.21070/medicra.v1i2.1491>

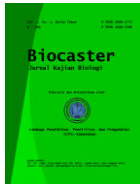
- Khodabandeh, H., Tajbakhsh, E., Khamesipour, F., Momtaz, H., & Shahraki, M. (2025). Unraveling Genetic Diversity and antibiotic resistance mechanisms in *Citrobacter freundii* Isolates from Meat Products: Implications for Food Safety and Public Health. *Veterinary Medicine and Science*, 11(6), 1-16. <https://doi.org/10.1002/vms3.70493>
- Khoiriyah, A., Sumardi, S., & Busman, H. (2022). Identification and Pathogenicity of *Escherichia coli* from Cloacal Swabs. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 10(3), 323-332. <https://doi.org/10.23960/jipt.v10i3.p323-332>
- Larasati, A. D., Sabdoningrum, E. K., Nidom, C. A., Hidanah, S., Rachmawati, K., & Puspitasari, Y. (2025). Detection of *Salmonella* sp. in Broiler Chickens in Closed Houses Using the Polymerase Chain Reaction Method. *Jurnal Agro Veteriner (Agrovet)*, 9(1), 15-25. <https://doi.org/agrovet.v9i1.78646>
- Lestari, D., Haliza, E. N., & Setiawan, H. (2024). Effect of pH Variations in Eosin Methylene Blue Agar (EMBA) Medium on *E. coli* Growth. *Jurnal Info Kesehatan*, 22(1), 82–89. <https://doi.org/10.31965/infokes.Vol22.Iss1.1298>
- Mahmudah, R., Baharuddin, M., & Sappewali, S. (2016). Identifikasi Isolat Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Lejja, Kabupaten Soppeng. *Al-Kimia*, 4(1), 31–42. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v4i1.1454>
- Mariani, P., & Sumada, I. M. (2017). Implementasi Kebijakan Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 2017 tentang Manajemen Pegawai Negeri Sipil (Studi Penelitian Mengenai Pejabat Fungsional Penyuluh Pertanian pada Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Badung). *Jurnal Widya Publika*, 9(1), 53-72. <https://doi.org/10.47329/widyapublika.v9i1.653>
- Mu'minah, Darmawan, Darwisah, B., Isnaini, J. L., Mutalib, A., Ashan, M. D., Ismail, S., & Yuniarti, E. (2025). Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Dekomposer Asal *Rhizosfer* Tanaman Bambu dari Kabupaten Sidrap, Sulawesi Selatan. *Journal Galung Tropika*, 14(1), 82-90. <https://doi.org/10.31850/jgt.v14i1.1330>
- Mulyati, B., Nurlaili, F., & Prianti, E. N. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Interaktif Mata Pelajaran Praktikum Akuntansi Lembaga/Instansi Pemerintah. *Jurnal Pendidikan : Riset dan Konseptual*, 6(1), 25-35. https://doi.org/10.28926/riset_konseptual.v6i1.443
- Nadila, P. (2019). Eksplorasi Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Dikawasan Cagar Alam Tinggi Raja Kecamatan Silau Kahen Kabupaten Simalungun Sumatera Utara. *Dissertation*. Universitas Medan Area.
- Novarianti, N., & Amsal, A. (2022). Pengaruh Konstruksi Sumur Gali dan Jarak Sumber Pencemar terhadap Kualitas Bakteriologis Air di Wilayah Kerja Puskesmas Palolo. *Poltekita : Jurnal Ilmu Kesehatan*, 16(2), 170-174. <https://doi.org/10.33860/jik.v16i2.686>
- Nugraha, B. A., & Rini, C. S. (2025). Table Salt Shows Stronger Antibacterial Activity against Oral Pathogens: Garam Meja Menunjukkan Aktivitas Antibakteri yang Lebih Kuat terhadap Patogen Mulut. *Academia Open*, 10(2), 10-21. <https://doi.org/10.21070/acopen.10.2025.8699>
- Nuraini, D. M., Andityas, M., Paramarta, A., Najib, N. R., & Wijayanti, A. D. (2020). Isolasi dan identifikasi *Escherichia coli* dari Sumber Air Minum



- Kandang Broiler serta Uji Aktivitas Antibakteri Lidah Buaya: Isolation and Identification *Escherichia coli* form Broiler Farm Water Source and Aloe Vera Antibacterial Activity Test. *Journal of Tropical Animal and Veterinary Science*, 10(2), 106-112. <https://doi.org/10.46549/jipvet.v10i2.116>
- Nuryanti, S., & Herwin, H., & Nurhikmah, N. (2025). Characterization of Cellulose Producing Bacterial Isolates from the Areca Nut (*Areca catechu* L.). *Journal Microbiology Science*, 5(1), 17-28. <https://doi.org/10.56711/jms.v5i1.1179>
- Parapat, T., & Prasetya, E. (2025). Identifikasi Molekuler dan Potensi Bakteri Endofit dari Tanaman Combretaceae. *Journal of Natural Sciences*, 6(1), 9-21. <https://doi.org/10.34007/jonas.v6i1.779>
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum. 2017. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Pobas, D. V., Tumeluk, H. M. F., Asbanu, R. O., Salim, M., Dias, R. H., & Purimahua, S. L. (2025). Analisis Kandungan Bakteri *Escherichia coli* dan Total *Coliform* Kualitas Air Bersih di Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(3), 10040–10046. <https://doi.org/10.31004/jkt.v6i3.37841>
- Pratama, B. A. (2020). Identification of *Escherichia coli* Bacteria in Dug Wells in Gempollegundi Village Gudo Distric Jombang. *Dissertation*. STIKes Insan Cendeki Medika Jombang.
- Qin, S., Xiao, W., Zhou, C., Pu, Q., Deng, X., Lan, L., Liang, H., Song, X., & Wu, M. (2022). *Pseudomonas aeruginosa*: pathogenesis, Virulence Factors, Antibiotic Resistance, Interaction with Host, Technology Advances and Emerging Therapeutics. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 7(1), 1-27. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01056-1>
- Rachman, F. O., Erwin, I. M., & Weni, M. (2025). Indonesia Karakteristik Klinis Infeksi *Pseudomonas aeruginosa* di Rumah Sakit Gunung Jati Periode 2021-2023. *Prepotif : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(2), 4400-4407. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v9i2.44116>
- Raharja, H., Zubaidah, A., & Prasetyo. (2023). Analisis Biokimia Bakteri Kandidat Probiotik yang Diisolasi dari Saluran Pencernaan Udang Jerbung (*Penaeus merguensis*). *Acta Aquatica*, 10(2), 158-162. <https://doi.org/10.29103/aa.v10i2.9062>
- Rahayu, K. M., Khofifah, R. A. N., & Komalasari, E. (2025). Uji Cemarkan Mikroba pada Susu Pasteurisasi UMKM Peternakan Sapi Perah Pondok Ronggon Jakarta Timur. In *Prosiding Seminar Nasional Pemberdayaan Masyarakat* (pp. 164-172). Jakarta, Indonesia: Universitas Al Azhar Indonesia.
- Rahayu, S. A., & Gumilar, M. M. H. (2017). Uji Cemarkan Air Minum Masyarakat sekitar Margahayu Raya Bandung dengan Identifikasi Bakteri *Escherichia coli*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 4(2), 50-56. <https://doi.org/10.15416/ijpst.v4i2.13112>
- Ramadhani, R. N., Wijayanti, E., & Dinata, P. A. C. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA secara Daring Berbantuan *Live Worksheets*



- pada Materi Tekanan Zat Kelas VIII Semester II SMP Negeri 6 Palangka Raya Tahun Ajaran 2020/2021. *Bahana Pendidikan : Jurnal Pendidikan Sains*, 4(1), 1-9. <https://doi.org/10.37304/bpjps.v4i1.4102>
- Ratumbanua, F. J., Warouw, F., & Akili, R. H. (2021). Identifikasi Kandungan *Escherichia coli* Air Sumur Gali dan Konstruksi Sumur di Desa Poopoh Kecamatan Tombariri. *Jurnal Kesmas*, 10(6), 124-133.
- Resti, N., Syauqy, A., Anjani, G., Mexitalia, M., Jaswir, I., & Afifah, D. N. (2025). Nutritional Assessment of Sagurimi: Innovative Dry Noodles from Sago Flour and Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) for Stunted Children. *Indonesian Food Science and Technology Journal*, 9(1), 43–53. <https://doi.org/10.22437/ifstj.v9i1.42978>
- Ribeiro, Á. C. D. S., Crozatti, M. T. L., Silva, A. A. D., Macedo, R. S., Machado, A. M. D. O., & Silva, A. T. D. A. (2019). *Pseudomonas aeruginosa* in the ICU: Prevalence, Resistance Profile, and Antimicrobial Consumption. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 53(1), 1-20. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0498-2018>
- Rifai, K. R. (2021). Uji *Indole* sebagai Kegiatan Penjaminan Mutu Tambahan pada Hasil Pengujian *Coliform* dalam Sampel Air Mineral. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 6(1), 1-6. <https://doi.org/10.36048/jtpii.v6i1.6670>
- Rosmania, R., & Yuniar, Y. (2021). Pengaruh Waktu Penyimpanan Inokulum *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* pada Suhu Dingin terhadap Jumlah Sel Bakteri di Laboratorium Mikrobiologi. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(3), 117-124. <https://doi.org/10.56064/jps.v23i3.624>
- Sabila, N. M., & Setyaningrum, D. (2023). Analisis *Coliform* dan *Colifecal* pada Air dari Berbagai Sumber Menggunakan Metode MPN (*Most Probable Numbers*). *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 3(2), 54-60. <https://doi.org/10.31001/jkireka.v3i2.48>
- Safnowandi, S. (2024). Validitas Petunjuk Praktikum Ekologi Perairan dalam Pembelajaran Mahasiswa. *Educatoria : Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 4(4), 146-151. <https://doi.org/10.36312/educatoria.v4i4.317>
- Salsabila, Z. N., Mulqie, L., & Yuniarni, U. (2022). Pewarnaan Gram Bakteri Isolat Klinis pada Pasien ISK di RSUD Karawang. *Bandung Conference Series : Pharmacy*, 3(2), 195-202. <https://doi.org/10.29313/bcsp.v2i2.8468>
- Sanjaya, I. M. B., Budayanti, N. N. S., Fatmawati, N. N. D., & Mayura, I. P. B. (2024). Cemaran *Escherichia coli* pada Es Batu Pedagang Minuman di Kabupaten Bangli. *Intisari Sains Medis*, 15(1), 159-163. <https://doi.org/10.15562/ism.v15i1.1954>
- Sari, D. P., Rahmawati, R., & PW, E. R. (2019). Deteksi dan Identifikasi Genera Bakteri *Coliform* Hasil Isolasi dari Minuman Lidah Buaya. *Jurnal Labora Medika*, 3(1), 29-35. <https://doi.org/10.26714/jlabmed.3.1.2019.29-35>
- Scania, A. E., & Ningsih, I. (2023). *Pseudomonas aeruginosa*: Permasalahan, Resistensi Antibiotik dan Pemeriksaan Mikrobiologi. *Pratista Patologi*, 8(3), 139-147.
- Singh, G., Loho, T., Yulianti, M., Aditianingsih, D., Zakiyah, L. F., Masse, S. F., & Triono, M. R. (2024). Factors Associated with Antibiotic Resistance and Survival Analysis of Severe Pneumonia Patients Infected with *Klebsiella*



- pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, and *Pseudomonas aeruginosa*: A Retrospective Cohort Study in Jakarta, Indonesia. *SAGE Open Medicine*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.1177/20503121241264097>
- Soniman, M., Syaputra, D., & Kurniawan, A. (2022). Efektivitas Senyawa Aktif Kombinasi Kencur *Kaempferia galanga* dan Ilalang *Imperata cylindrica* secara *In Vitro* terhadap Bakteri Gram Positif dan Bakteri Gram Negatif. *Journal of Aquatropica Asia*, 7(1), 19-33. <https://doi.org/10.33019/joaa.v7i1.3292>
- Sulistiyani, N., & Millania, V. (2022). Identifikasi *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang. *Jurnal Penelitian Saintek*, 27(2), 81–87. <https://doi.org/10.21831/jps.v2i27.52224>
- Syafarida, U. Y., Jati, D. R., & Sulastrri, A. (2022). Analisis Hubungan Konstruksi Sumur Gali dan Sanitasi Lingkungan terhadap Jumlah Bakteri *Coliform* dalam Air Sumur Gali (Studi Kasus: Desa PAL IX, Kecamatan Sungai Kakap). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 437-444. <https://doi.org/10.21831/jps.v2i27.52224>
- Syauqi, A. (2017). *Mikrobiologi Lingkungan: Peranan Mikroorganisme dalam Kehidupan*. Yogyakarta: Andi.
- Tangkilisan, S. L. M., Joseph, B. S., & Sumampouw, O. J. (2018). Hubungan antara Faktor Konstruksi dan Jarak Sumur Gali terhadap Sumber Pencemar dengan Total *Coliform* Air Sumur Gali di Kelurahan Motto Kecamatan Lembeh Utara. *Jurnal KESMAS Universitas Sam Ratulangi*, 7(4), 1-13.
- Toruan, S. A. L., Manu, T. T., & Evriarti, P. R. (2023). Pemanfaatan Air Kelapa Muda sebagai Media Alternatif MAC *Concey* untuk Pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Salmonella typhi*. *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (JoIMedLabS)*, 4(1), 25-36. <https://doi.org/10.53699/joimedlabs.v4i1.143>
- Wardiani, Z. W., Khoirunnisa, H., & Sopiah, P. (2025). Mekanisme Keracunan Makanan pada Tubuh Manusia Akibat Bakteri *Salmonella*. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(2), 4364–4373. <https://doi.org/10.31004/jkt.v6i2.44271>
- Wibawa, P. A. M., Nudu, S. R. H., Darwis, H. A., & Kirana, P. B. P. (2023). Subtipe *Diarrheagenic Escherichia coli* dan Keterkaitannya dengan *Traveler's Diarrhea*. *Essence of Scientific Medical Journal*, 21(1), 23-27.
- Witaningrum, A. M., Wibisono, F. J., Permatasari, D. A., & Effendi, M. H. (2021). Detection of Class 1 Integron Encoding Gene in Multidrug Resistance (MDR) *Citrobacter freundii* Isolated from Healthy Broiler Chicken. *Tropical Animal Science Journal*, 44(3), 363-368. <https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.3.363>
- Xian, M., Ji, X., Zhong, M., Su, D., Guan, J., & Chen, R. (2023). Severe Asthma Patient with Secondary *Citrobacter Koseri* Abdominal Infection: First Case Report and Review of the Literature. *Gut Pathogens*, 15(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s13099-023-00574-9>