

IDENTIFIKASI CEMARAN BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* PADA SAMPEL MINUMAN ES TEH PEDAGANG KAKI LIMA DI DESA DUKUH TENGAH KECAMATAN KETANGGUNGAN KABUPATEN BREBES

Shafira Putri Ramadhan¹, Umi Nihayatul Khusna²
shafiraputrimdhn@gmail.com¹, 44umikhusna@gmail.com²
Politeknik Mitra Karya Mandiri

ABSTRAK

Minuman es teh yang dijual oleh pedagang kaki lima banyak dipilih karena mudah diperoleh dan memiliki harga yang relatif terjangkau. Proses pengolahan dan penyajian yang kurang memperhatikan higiene dan sanitasi dapat meningkatkan risiko terjadinya kontaminasi mikrobiologis. Salah satu bakteri yang dapat digunakan sebagai indikator pencemaran fekal adalah *Escherichia coli*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan *Escherichia coli* pada minuman es teh yang dijual oleh pedagang kaki lima di Desa Dukuh Tengah, Kecamatan Ketanggungan, Kabupaten Brebes. Penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pemeriksaan laboratorium terhadap 15 sampel minuman es teh. Pemeriksaan dilakukan secara bertahap menggunakan media Lactose Broth (LB), Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB), dan Eosin Methylene Blue Agar (EMBA), kemudian dilanjutkan dengan pewarnaan Gram dan uji biokimia IMViC. Seluruh sampel menunjukkan hasil positif pada media LB dan BGLB, sedangkan 14 sampel menunjukkan pertumbuhan koloni pada media EMBA. Hasil pewarnaan Gram terhadap 14 isolat tersebut menunjukkan bentuk basil Gram negatif. Pemeriksaan IMViC selanjutnya menunjukkan bahwa enam isolat memiliki pola reaksi biokimia yang sesuai dengan karakteristik *E. coli*. Berdasarkan hasil tersebut, *E. coli* ditemukan pada sebagian sampel minuman es teh yang diperiksa. Temuan ini menunjukkan perlunya penerapan higiene dan sanitasi yang baik selama proses pengolahan maupun penyajian minuman untuk membantu menjaga keamanan pangan.

Kata Kunci: *Escherichia Coli*, Es Teh, Higiene Sanitasi, IMViC, Keamanan Pangan.

ABSTRACT

Iced tea sold by street vendors is commonly consumed because it is readily available and relatively inexpensive. Inadequate hygiene and sanitation during preparation and serving may increase the possibility of microbial contamination. Escherichia coli is one of the bacteria that can serve as an indicator of fecal contamination. This study aimed to determine the presence of Escherichia coli in iced tea sold by street vendors in Dukuh Tengah Village, Ketanggungan District, Brebes Regency. A descriptive qualitative approach was applied through laboratory examination of 15 iced tea samples. The identification process was carried out using Lactose Broth (LB), Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB), and Eosin Methylene Blue Agar (EMBA), followed by Gram staining and IMViC biochemical testing. All samples showed positive results in both LB and BGLB media, while 14 samples exhibited colony growth on EMBA. Gram staining of the 14 isolates revealed Gram-negative bacilli. Further examination using the IMViC test showed that six isolates had a biochemical reaction pattern consistent with the characteristics of E. coli. These findings indicate that E. coli was present in some of the iced tea samples examined. The results highlight the need for proper hygiene and sanitation practices during beverage preparation and serving to support food safety.

Keywords: *Escherichia Coli*, Iced Tea, Hygiene And Sanitation, IMViC, Food Safety.

PENDAHULUAN

Keamanan pangan merupakan salah satu aspek penting dalam upaya menjaga kesehatan masyarakat. Makanan dan minuman yang dikonsumsi perlu memenuhi persyaratan keamanan, mutu, higiene, dan sanitasi agar tidak menjadi media penyebaran penyakit. Keamanan pangan berkaitan dengan upaya mencegah terjadinya pencemaran biologis, kimia, maupun fisik selama proses pengolahan, penyimpanan, hingga penyajian makanan dan minuman (Organisasi Kesehatan Dunia [WHO], 2024).

Higiene dan sanitasi merupakan dua aspek yang saling berkaitan dalam menjaga keamanan pangan. Higiene lebih menitikberatkan pada perilaku serta kebiasaan individu dalam menjaga kebersihan diri dan proses penanganan makanan, sedangkan sanitasi berhubungan dengan pengendalian kondisi lingkungan yang dapat memengaruhi kesehatan dan keamanan pangan. Penerapan higiene dan sanitasi yang tidak memadai dapat meningkatkan kemungkinan masuknya mikroorganisme berbahaya, termasuk *Escherichia coli*, ke dalam makanan maupun minuman yang dikonsumsi masyarakat (Hutasoit, 2020).

Penyakit yang ditularkan melalui makanan atau minuman masih menjadi salah satu permasalahan kesehatan masyarakat, termasuk di Indonesia. Gangguan kesehatan akibat pangan yang tidak aman dapat terjadi dalam bentuk infeksi maupun intoksikasi. Gejala yang ditimbulkan dapat berupa mual, muntah, nyeri atau mulas pada perut, diare, hingga dehidrasi, terutama ketika makanan atau minuman mengandung mikroorganisme patogen maupun toksin yang dihasilkannya (Organisasi Kesehatan Dunia [WHO], 2024). Salah satu bakteri yang berkaitan dengan kejadian gangguan saluran pencernaan tersebut adalah *Escherichia coli*. Bakteri ini secara normal merupakan bagian dari mikrobiota saluran pencernaan manusia dan hewan berdarah panas, tetapi keberadaannya pada makanan atau minuman dapat menunjukkan adanya kemungkinan pencemaran fekal dan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan pada kondisi tertentu (Hutasoit, 2020).

Escherichia coli merupakan bakteri berbentuk batang atau basil, bersifat Gram negatif, fakultatif anaerob, dan umumnya berukuran sekitar 1–3 μm . Bakteri ini dapat bergerak dengan bantuan flagela serta mempunyai kemampuan memfermentasi laktosa. Keberadaan *E. coli* sering digunakan sebagai indikator sanitasi karena dapat memberikan gambaran mengenai kemungkinan terjadinya pencemaran fekal pada pangan maupun air. Kontaminasi *E. coli* pada makanan dan minuman juga berkaitan dengan kualitas mikrobiologis air yang digunakan dalam proses pengolahan maupun penyajiannya. Air yang tidak memenuhi persyaratan mikrobiologis dapat menjadi salah satu jalur masuknya bakteri ke dalam produk yang dikonsumsi (Zikra et al., 2018). Oleh karena itu, pemeriksaan terhadap keberadaan *E. coli* dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk menilai aspek keamanan mikrobiologis suatu produk pangan.

Pencemaran bakteri pada makanan dan minuman dapat berlangsung melalui kontaminasi langsung maupun kontaminasi silang. Kontaminasi langsung dapat terjadi apabila bahan atau air yang digunakan telah tercemar, sedangkan kontaminasi silang dapat berlangsung melalui tangan penjamah, peralatan, wadah penyimpanan, maupun permukaan lain yang telah terkontaminasi. Kondisi lingkungan tempat pengolahan dan penyajian yang kurang higienis juga dapat meningkatkan peluang masuknya mikroorganisme ke dalam minuman. Dengan demikian, risiko cemaran tidak hanya berkaitan dengan bahan utama, tetapi juga dengan seluruh tahapan penanganan produk sejak pengolahan hingga siap dikonsumsi.

Risiko cemaran *E. coli* juga ditemukan pada berbagai jenis minuman siap konsumsi. Hal tersebut menunjukkan bahwa keamanan mikrobiologis perlu diperhatikan tidak hanya pada bahan yang digunakan, tetapi juga selama proses pengolahan dan penyajiannya (Caesar & Rohmah, 2021). Penggunaan air yang tidak memenuhi persyaratan, kebersihan peralatan yang kurang terjaga, serta kondisi lingkungan yang tidak mendukung dapat menjadi faktor

yang memungkinkan terjadinya kontaminasi. Pada minuman yang disiapkan di lingkungan terbuka, paparan dari lingkungan sekitar juga dapat meningkatkan peluang masuknya mikroorganisme. Selain itu, praktik higiene penjamah makanan yang kurang baik dapat memperbesar kemungkinan terjadinya kontaminasi selama proses penanganan (Wispriyono et al., 2021; Hutasoit, 2020).

Salah satu minuman siap konsumsi yang banyak dijumpai dan diminati masyarakat adalah es teh. Minuman ini relatif mudah diperoleh, memiliki harga terjangkau, dan banyak dijual oleh pedagang kaki lima. Namun, proses pengolahan dan penyajiannya yang sering dilakukan pada lingkungan terbuka dapat memberikan peluang terjadinya kontaminasi mikrobiologis. Sumber cemaran dapat berasal dari air dan es batu yang digunakan, peralatan yang kurang bersih, wadah penyimpanan, tangan penjamah, maupun lingkungan sekitar tempat penjualan. Kondisi tersebut dapat diperburuk apabila proses penyimpanan dan penanganan minuman tidak dilakukan dengan memperhatikan prinsip higiene dan sanitasi. Keberadaan bakteri indikator seperti *E. coli* pada minuman siap konsumsi dapat menjadi tanda adanya permasalahan sanitasi dan kemungkinan pencemaran fekal yang berhubungan dengan risiko penyakit bawaan pangan (foodborne disease) (Wispriyono et al., 2021; Hutasoit, 2020).

Penerapan higiene dan sanitasi yang kurang baik selama pengolahan maupun penyajian minuman dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya cemaran bakteri. Kebersihan penjamah, peralatan, bahan yang digunakan, serta lingkungan pengolahan merupakan beberapa aspek yang perlu diperhatikan untuk mencegah masuknya mikroorganisme ke dalam produk. Keberadaan *E. coli* dapat digunakan sebagai salah satu indikator dalam menilai kondisi sanitasi tersebut sehingga pemeriksaannya penting dilakukan pada produk minuman yang dikonsumsi secara langsung oleh masyarakat (Hamida, 2024; Politon & Novarianti, 2022; Nasution & Nanda, 2026).

Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia tentang batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan, keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada minuman siap konsumsi tidak diperbolehkan atau harus negatif dalam 1 mL atau 1 gram sampel. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) RI No. 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemaran Mikroba dalam Pangan Olahan, standar keamanan untuk cemaran *Escherichia coli* (*E. coli*) pada produk minuman (kategori minuman siap konsumsi) umumnya adalah Batas Maksimal *E. coli*: < 3 APM/mL atau < 3 koloni/mL (Angka Paling Mungkin/Most Probable Number).

Secara mikrobiologis, karakteristik *E. coli* dapat dimanfaatkan dalam proses identifikasi melalui beberapa tahapan pemeriksaan. Kemampuan bakteri dalam memfermentasi laktosa dapat diamati melalui terbentuknya asam dan gas pada media Lactose Broth (LB) maupun Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB), yang ditandai dengan adanya gas pada tabung Durham. Selanjutnya, pertumbuhan pada media Eosin Methylene Blue (EMB) Agar dapat memberikan petunjuk awal melalui karakteristik koloni, termasuk munculnya kilap hijau metalik pada koloni yang diduga *E. coli*. Meskipun demikian, karakteristik koloni pada EMB Agar bersifat presumtif sehingga belum cukup untuk memastikan identitas bakteri. Oleh karena itu, diperlukan pemeriksaan lanjutan berupa pewarnaan Gram dan uji biokimia IMViC. Pada pewarnaan Gram, *E. coli* umumnya tampak sebagai basil Gram negatif berwarna merah muda atau merah, sedangkan pola biokimia yang umum ditemukan pada uji IMViC adalah Indole positif, Methyl Red positif, Voges-Proskauer negatif, dan Citrate negatif (++--) (Farizqi et al., 2023).

Desa Dukuh Tengah, Kecamatan Ketanggungan, Kabupaten Brebes merupakan salah satu wilayah yang terdapat pedagang kaki lima dengan penjualan minuman es teh sebagai minuman siap konsumsi. Tingginya keberadaan dan konsumsi minuman tersebut menjadikan aspek keamanan mikrobiologis perlu mendapat perhatian. Penelitian mengenai cemaran *E.*

coli pada minuman es teh telah dilakukan di beberapa wilayah, salah satunya di Pasar Embrio, Jakarta Timur, dengan pemeriksaan menggunakan metode Most Probable Number (MPN) untuk mengetahui keberadaan cemaran bakteri. Namun, informasi mengenai keberadaan *E. coli* pada minuman es teh yang dijual oleh pedagang kaki lima di Desa Dukuh Tengah, Kecamatan Ketanggungan, Kabupaten Brebes masih terbatas. Kondisi tersebut menjadi dasar perlunya dilakukan pemeriksaan untuk memperoleh gambaran mengenai kualitas mikrobiologis minuman es teh yang dijual di wilayah tersebut (Sari et al., 2025).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keberadaan *Escherichia coli* pada sampel minuman es teh yang dijual oleh pedagang kaki lima di Desa Dukuh Tengah, Kecamatan Ketanggungan, Kabupaten Brebes. Pemeriksaan dilakukan secara deskriptif kualitatif melalui beberapa tahapan, yaitu uji penduga menggunakan Lactose Broth (LB), uji penegasan menggunakan Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB), isolasi pada Eosin Methylene Blue (EMB) Agar, pewarnaan Gram, dan pemeriksaan biokimia IMViC. Rangkaian pemeriksaan tersebut digunakan untuk mengamati karakteristik bakteri secara bertahap hingga diperoleh hasil identifikasi yang sesuai dengan karakteristik *E. coli*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi mikrobiologis minuman es teh yang dijual oleh pedagang kaki lima di wilayah tersebut serta menjadi bahan evaluasi dalam penerapan higiene dan sanitasi untuk mendukung keamanan pangan dan melindungi kesehatan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada sampel minuman es teh yang dijual oleh pedagang kaki lima di Desa Dukuh Tengah, Kecamatan Ketanggungan, Kabupaten Brebes. Pemeriksaan dilakukan secara langsung melalui penggunaan media mikrobiologi, dengan hasil pemeriksaan dikategorikan sebagai positif atau negatif berdasarkan keberadaan bakteri *Escherichia coli*. Penelitian ini tidak melakukan pengukuran jumlah bakteri secara kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada minuman es teh yang diperoleh dari pedagang kaki lima di Desa Dukuh Tengah, Kecamatan Ketanggungan, Kabupaten Brebes. Proses identifikasi dilakukan secara bertahap melalui uji penduga dengan media Lactose Broth (LB), uji penegasan menggunakan Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB), isolasi pada media Eosin Methylene Blue Agar (EMBA), pewarnaan Gram, dan dilanjutkan dengan uji biokimia IMViC yang terdiri atas Indole, Methyl Red (MR), Voges–Proskauer (VP), dan Simmons Citrate.

Pemeriksaan terhadap 15 sampel menunjukkan bahwa seluruh sampel (15/15) memberikan hasil positif pada uji penduga menggunakan Lactose Broth (LB) maupun uji penegasan dengan Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB). Hasil tersebut menunjukkan adanya bakteri yang mampu memfermentasi laktosa pada sampel yang diperiksa. Pada tahap isolasi menggunakan media EMBA, sebanyak 14 dari 15 sampel menunjukkan pertumbuhan koloni yang memiliki karakteristik dugaan *Escherichia coli*. Sementara itu, sampel S12 tidak menunjukkan pertumbuhan koloni pada media EMBA sehingga tidak dapat dilanjutkan ke pemeriksaan pewarnaan Gram dan uji biokimia IMViC. Selanjutnya, ke-14 isolat yang berhasil diperiksa melalui pewarnaan Gram menunjukkan bentuk basil Gram negatif. Berdasarkan pemeriksaan IMViC, terdapat enam isolat yang menunjukkan pola biokimia khas *Escherichia coli*.

Hasil pemeriksaan tersebut kemudian disajikan secara bertahap berdasarkan urutan pemeriksaan, mulai dari uji penduga pada media Lactose Broth (LB), uji penegasan

menggunakan Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB), isolasi pada media Eosin Methylene Blue Agar (EMBA), pewarnaan Gram, hingga pemeriksaan biokimia IMViC.

Hasil Uji Penduga (Presumptive Test) dengan Media Lactose Broth

Tahap pemeriksaan pertama dilakukan dengan menggunakan media Lactose Broth (LB) sebagai uji penduga untuk melihat adanya bakteri yang mampu memfermentasi laktosa. Setelah diinkubasi selama 24–48 jam, hasil pemeriksaan dinyatakan positif apabila terbentuk gas di dalam tabung Durham.

Tabel 1 Hasil Uji Penduga Menggunakan Media Lactose Broth (LB)

No.	Kode Sampel	Hasil Pengamatan LB	Interpretasi
1.	S1	+	Positif
2.	S2	+	Positif
3.	S3	+	Positif
4.	S4	+	Positif
5.	S5	+	Positif
6.	S6	+	Positif
7.	S7	+	Positif
8.	S8	+	Positif
9.	S9	+	Positif
10.	S10	+	Positif
11.	S11	+	Positif
12.	S12	+	Positif
13.	S13	+	Positif
14.	S14	+	Positif
15.	S15	+	Positif

Keterangan: (+) Menandakan terbentuknya gas pada tabung Durham setelah proses inkubasi.

Berdasarkan Tabel 3.1, seluruh sampel minuman es teh (15/15) menunjukkan adanya gas pada tabung Durham setelah proses inkubasi selama 24-28 jam. Hasil tersebut menunjukkan respons positif pada tahap uji penduga menggunakan media LB. Selanjutnya, seluruh sampel diteruskan ke tahap uji penegasan menggunakan media BGLB untuk mengetahui keberadaan bakteri yang mampu memfermentasi laktosa.

Gambar 1 Hasil Uji Penduga Menggunakan Media Lactose Broth (LB) yang menunjukkan terbentuknya gas pada tabung Durham.



Hasil Uji Penegasan Menggunakan Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)

Uji penegasan dilakukan pada seluruh sampel yang sebelumnya memberikan hasil positif pada uji penduga menggunakan media Lactose Broth (LB). Pemeriksaan dilanjutkan dengan media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB) untuk memastikan adanya bakteri koliform yang mampu memfermentasi laktosa. Hasil positif ditunjukkan oleh terbentuknya gas pada tabung Durham setelah sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24–48 jam.

Tabel 2 Hasil Uji Penegasan Menggunakan Media Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB)

No.	Kode Sampel	Hasil Pengamatan BGLB	Interpretasi
1.	S1	+	Positif
2.	S2	+	Positif
3.	S3	+	Positif
4.	S4	+	Positif
5.	S5	+	Positif
6.	S6	+	Positif
7.	S7	+	Positif
8.	S8	+	Positif
9.	S9	+	Positif
10.	S10	+	Positif
11.	S11	+	Positif
12.	S12	+	Positif
13.	S13	+	Positif
14.	S14	+	Positif
15.	S15	+	Positif

Keterangan: (+) Menandakan terbentuknya gas pada tabung Durham yang menunjukkan reaksi positif pada media BGLB.

Mengacu pada Tabel 2, seluruh sampel yang diperiksa, yaitu 15 sampel, menunjukkan hasil positif pada tahap uji penegasan dengan media BGLB. Terbentuknya gas di dalam tabung Durham menjadi indikator adanya aktivitas fermentasi laktosa oleh mikroorganisme yang terdapat dalam sampel. Selanjutnya, seluruh sampel tersebut diinokulasikan pada media EMB untuk mendapatkan isolat yang dapat diamati berdasarkan karakteristik koloninya. Isolat yang diperoleh kemudian digunakan untuk pemeriksaan lanjutan guna mendukung proses identifikasi bakteri

Gambar 2 Hasil Uji Penegasan Menggunakan Media Brilliant Green Lactose Broth (BGLB) yang menunjukkan terbentuknya gas pada tabung Durham.



Hasil Uji Deteksi Menggunakan Media Eosin Methylene Blue (EMB)

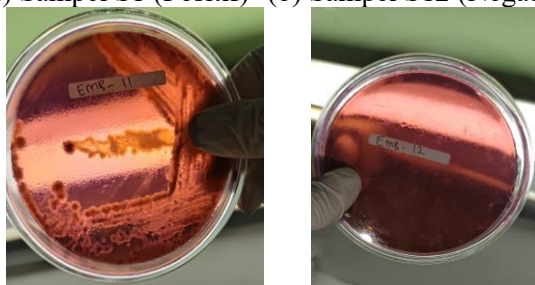
Sampel yang sebelumnya menunjukkan hasil positif pada uji penegasan menggunakan Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB) selanjutnya diperiksa pada media Eosin Methylene Blue (EMB) Agar. Media EMB Agar bersifat selektif dan diferensial sehingga dapat digunakan untuk mengisolasi serta menduga bakteri Gram negatif yang mampu memfermentasi laktosa, terutama *Escherichia coli*. Adanya koloni dengan warna hijau metalik pada media EMB menjadi salah satu karakteristik yang mengarah pada dugaan *Escherichia coli*. Koloni tersebut kemudian perlu diperiksa lebih lanjut melalui pewarnaan Gram dan uji biokimia IMViC untuk memastikan identitas bakteri.

Tabel 3 Hasil Uji Deteksi Menggunakan Eosin Methylene Blue (EMB)

No.	Kode Sampel	Hasil Pengamatan EMB	Interpretasi
1.	S1	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
2.	S2	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
3.	S3	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
4.	S4	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
5.	S5	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
6.	S6	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
7.	S7	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
8.	S8	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
9.	S9	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
10.	S10	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
11.	S11	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
12.	S12	Tidak ditemukan Pertumbuhan Koloni	Negatif (-)
13.	S13	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
14.	S14	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)
15.	S15	Terbentuknya Koloni dengan Kilap hijau Metalik	Positif (+)

Berdasarkan Tabel 3, sebanyak 14 isolat menampilkan sel bakteri berbentuk basil berwarna merah muda pada pengamatan mikroskopis sehingga diinterpretasikan sebagai bakteri Gram negatif. Sementara itu, bahan uji S12 tidak dilakukan pewarnaan Gram karena tidak menampilkan pertumbuhan koloni pada media (EMB) , sehingga tidak tersedia isolat yang dapat diamati secara mikroskopis. Karakteristik bakteri berbentuk basil Gram negatif pada 14 isolat tersebut mendukung dugaan keberadaan E. Coli berdasarkan isolasi pada media EMB, namun belum dapat dipastikan identitas spesies bakteri. Karenanya, dilakukan uji biokimia IMViC sebagai tahap konfirmasi untuk mengidentifikasi bakteri berdasarkan karakteristik biokimianya.

(a) Sampel S1 (Positif) (b) Sampel S12 (Negatif)



Gambar 3. Hasil uji isolasi menggunakan media Eosin Methylene Blue (EMB) Agar: (a) sampel S1 menunjukkan pertumbuhan koloni hijau metalik yang diduga sebagai *Escherichia coli*; (b) sampel S12 tidak menunjukkan pertumbuhan koloni pada media EMB setelah inkubasi selama 24–48 jam.

Hasil Uji Identifikasi Menggunakan Metode Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan pada isolat bakteri yang tumbuh pada media Eosin Methylene Blue (EMB) Agar. Pemeriksaan ini digunakan untuk melihat bentuk atau morfologi serta sifat Gram dari bakteri berdasarkan karakteristik struktur dinding selnya. Hasil pewarnaan tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai salah satu dasar dalam proses identifikasi bakteri.

Tabel 4 Hasil Uji Identifikasi Menggunakan Metode Pewarnaan Gram

No.	Kode Sampel	Hasil Pengamatan Pewarnaan Gram	Interpretasi
1.	S1	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
2.	S2	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
3.	S3	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
4.	S4	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
5.	S5	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)

6.	S6	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
7.	S7	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
8.	S8	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
9.	S9	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
10.	S10	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
11.	S11	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
12.	S12	Tidak dilakukan karena tidak terdapat pertumbuhan koloni pada media EMB	Negatif (-)
13.	S13	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
14.	S14	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)
15.	S15	Basil Berwarna Merah Mudah (Gram Negatif)	Positif (+)

Berdasarkan Tabel 4, sebanyak 14 isolat menampilkan sel bakteri berbentuk basil berwarna merah muda pada pengamatan mikroskopis sehingga diinterpretasikan sebagai bakteri Gram negatif. Sementara itu, bahan uji S12 tidak dilakukan pewarnaan Gram karena tidak menampilkan pertumbuhan koloni pada media (EMB) , sehingga tidak tersedia isolat yang dapat diamati secara mikroskopis. Karakteristik bakteri berbentuk basil Gram negatif pada 14 isolat tersebut mendukung dugaan keberadaan E. Coli berdasarkan isolasi pada media EMB, namun belum dapat dipastikan identitas spesies bakteri. Karenanya, dilakukan uji biokimia IMViC sebagai tahap konfirmasi untuk mengidentifikasi bakteri berdasarkan karakteristik biokimianya.

(a)Sampel S2 (Gram Negatif)



Gambar 4. Hasil pewarnaan Gram pada sampel positif menunjukkan bakteri berbentuk basil berwarna merah muda (Gram negatif).

Hasil Uji Biokimia IMViC

Pemeriksaan biokimia IMViC dilakukan sebagai tahap lanjutan untuk memastikan identitas bakteri berdasarkan sifat biokimianya. Rangkaian pemeriksaan ini terdiri atas uji Indole (I), Methyl Red (MR), Voges–Proskauer (VP), dan Sitrat (C). Keempat uji tersebut digunakan untuk melihat kemampuan bakteri dalam menghasilkan indol dari triptofan, melakukan fermentasi asam campuran, membentuk asetoin, serta menggunakan sitrat sebagai sumber karbon. Hasil pemeriksaan IMViC selanjutnya digunakan untuk memastikan identitas isolat yang sebelumnya diduga sebagai *Escherichia coli* berdasarkan karakteristik pertumbuhan pada media Eosin Methylene Blue (EMB) Agar dan hasil pewarnaan Gram.

Tabel 5 Hasil Uji Biokimia IMViC

No.	Kode Sampel	Indole	MR	VP	Sitrat
1.	S1	+	+	-	+
2.	S2	+	+	-	+
3.	S3	+	+	-	+
4.	S4	-	+	-	-
5.	S5	+	+	-	-
6.	S6	+	+	-	-
7.	S7	+	+	-	-
8.	S8	+	+	-	+
9.	S9	+	+	-	+

10.	S10	+	+	-	+
11.	S11	+	+	-	-
12.	S12	TD	TD	TD	TD
13.	S13	+	+	-	-
14.	S14	+	+	+	+
15.	S15	+	+	-	-

Keterangan: TD = tidak dilakukan, karena sampel tidak memperlihatkan pertumbuhan koloni pada media Eosin Methylene Blue (EMB) Agar sehingga tidak diperoleh isolat untuk pemeriksaan biokimia IMViC.

Berdasarkan Tabel 5, pemeriksaan biokimia IMViC memperlihatkan adanya variasi pola reaksi pada isolat yang diuji. Pada pemeriksaan Indole, sebagian besar isolat memberikan hasil positif yang ditunjukkan dengan terbentuknya cincin merah setelah penambahan reagen Kovac, sedangkan satu isolat memberikan hasil negatif. Seluruh isolat menunjukkan hasil positif pada uji Methyl Red (MR), yang ditandai dengan perubahan warna media menjadi merah. Pada uji Voges–Proskauer (VP), sebagian besar isolat memberikan hasil negatif dan hanya satu isolat yang menunjukkan hasil positif. Sementara itu, pada uji Simmons Sitrat ditemukan isolat dengan hasil positif yang ditandai oleh perubahan warna media dari hijau menjadi biru, sedangkan isolat lainnya memberikan hasil negatif.

Hasil kombinasi keempat uji tersebut menunjukkan bahwa enam isolat, yaitu S5, S6, S7, S11, S13, dan S15, memiliki pola Indole (+), Methyl Red (+), Voges–Proskauer (-), dan Sitrat (-). Pola tersebut sesuai dengan karakteristik biokimia *Escherichia coli*. Adapun isolat S1, S2, S3, S4, S8, S9, S10, dan S14 menunjukkan kombinasi reaksi yang berbeda dari pola tersebut, sehingga belum dapat dikonfirmasi sebagai *Escherichia coli* berdasarkan pemeriksaan IMViC dan lebih mengarah pada dugaan bakteri koliform lainnya. Sampel S12 tidak dilakukan pemeriksaan IMViC karena sejak tahap isolasi pada media EMB Agar tidak menunjukkan pertumbuhan koloni.

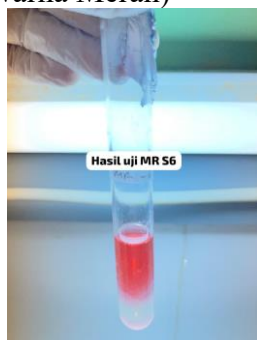
(a) Hasil Uji Indol Positif (Terbentuk Cincin Merah)



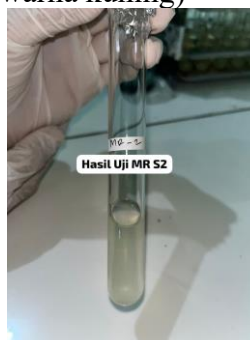
Hasil Uji Indol Negatif (Tidak Terbentuk Cincin Merah)



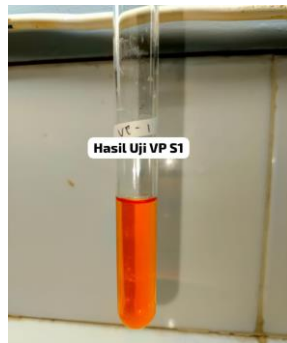
(b) Hasil Uji MR Positif (Media Berwarna Merah)



Hasil Uji MR Negatif (Media Berwarna kuning)



(c) Hasil Uji VP Positif (Warna Merah/Merah Muda)



Hasil Uji VP Negatif (Media Tidak Berubah Warna menjadi Merah)



(d) Hasil Uji Simmons Citrate Positif (Media Berubah Warna Jadi Biru)



(e) Hasil Uji Simmons Citarte (Media Tidak Berubah Warna Menajdi Biru)



Berdasarkan Gambar 5, setiap isolat menunjukkan reaksi yang berbeda pada pemeriksaan biokimia IMViC. Hasil positif pada uji Indole ditunjukkan dengan munculnya cincin berwarna merah setelah penambahan reagen Kovac, sedangkan hasil negatif ditandai dengan tidak terbentuknya cincin merah. Pada uji Methyl Red (MR), perubahan warna media menjadi merah menunjukkan hasil positif, sementara warna kuning pada media menunjukkan hasil negatif. Uji Voges–Proskauer (VP) memberikan hasil positif apabila setelah penambahan reagen terbentuk warna merah atau merah muda, sedangkan tidak adanya warna merah menunjukkan hasil negatif. Pada uji Simmons Sitrat, perubahan warna media menjadi biru menunjukkan hasil positif. Sebaliknya, apabila media tidak berubah menjadi biru dan tetap berwarna hijau atau kuning, hasil pemeriksaan dinyatakan negatif.

Pembahasan

Pemeriksaan IMViC digunakan untuk memperkuat identifikasi bakteri yang sebelumnya dicurigai sebagai *Escherichia coli* berdasarkan karakteristik pertumbuhannya. Pemeriksaan ini terdiri atas empat pengujian, yaitu Indole, Methyl Red (MR), Voges–Proskauer (VP), dan Simmons Sitrat. Hasil dari keempat pengujian tersebut kemudian dibandingkan untuk melihat kesesuaian karakteristik biokimia isolat dengan *E. coli* maupun bakteri lain dalam famili Enterobacteriaceae. Karakteristik IMViC yang umum ditemukan pada *E. coli* adalah Indole positif, MR positif, VP negatif, dan Sitrat negatif (++--).

Pada pemeriksaan Indole, sebagian besar isolat memberikan reaksi positif yang ditunjukkan dengan terbentuknya cincin berwarna merah setelah penambahan reagen Kovac. Reaksi tersebut menunjukkan adanya kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim triptofanase yang berperan dalam pemecahan triptofan sehingga terbentuk indol. Berbeda dengan isolat lainnya, sampel S4 menunjukkan hasil Indole negatif. Perbedaan tersebut

menunjukkan bahwa isolat yang tumbuh pada media EMB Agar tidak seluruhnya memiliki karakteristik biokimia *E. coli* dan kemungkinan berasal dari kelompok koliform lainnya.

Pemeriksaan Methyl Red (MR) menunjukkan bahwa hampir seluruh isolat memberikan reaksi positif. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna media menjadi merah setelah ditambahkan indikator metil merah. Perubahan tersebut berkaitan dengan terbentuknya produk asam yang relatif stabil selama proses fermentasi glukosa melalui jalur fermentasi asam campuran. Akumulasi asam menyebabkan pH media menurun dan menghasilkan reaksi positif pada pengujian MR. Karakteristik tersebut sesuai dengan salah satu pola biokimia yang umumnya ditemukan pada *E. coli*.

Pada pengujian Voges-Proskauer (VP), sebagian besar isolat menunjukkan hasil negatif, yang ditandai dengan tidak terbentuknya warna merah setelah penambahan reagen α -naftol dan KOH. Hasil tersebut menunjukkan bahwa isolat tidak menghasilkan asetoin dalam jumlah yang dapat terdeteksi melalui pengujian VP. Reaksi VP negatif merupakan karakteristik yang sesuai dengan *E. coli*. Namun, terdapat isolat yang memberikan hasil VP positif. Reaksi tersebut menunjukkan adanya perbedaan jalur fermentasi dan dapat mengarah pada dugaan bakteri koliform lain, termasuk kelompok *Enterobacter* atau *Klebsiella* yang diketahui mampu menghasilkan asetoin.

Hasil pemeriksaan Simmons Sitrat memperlihatkan adanya perbedaan kemampuan antarisolat dalam memanfaatkan sitrat. Beberapa isolat menunjukkan perubahan warna media dari hijau menjadi biru sehingga dinyatakan positif, sedangkan isolat lainnya tidak mengalami perubahan menjadi biru dan tetap berwarna hijau atau kekuningan. Reaksi positif menunjukkan bahwa bakteri mampu menggunakan sitrat sebagai sumber karbon dan menghasilkan kondisi yang lebih basa pada media. Sebaliknya, hasil negatif menunjukkan ketidakmampuan isolat dalam memanfaatkan sitrat sebagai sumber karbon pada kondisi pengujian. *E. coli* pada umumnya menunjukkan reaksi Sitrat negatif sehingga warna media tetap tidak berubah menjadi biru.

Identifikasi berdasarkan keseluruhan hasil IMViC menunjukkan bahwa isolat dengan pola Indole (+), MR (+), VP (-), dan Sitrat (-) atau (++--) memiliki karakteristik yang paling sesuai dengan *Escherichia coli*. Dalam penelitian ini, pola tersebut ditemukan pada enam sampel, yaitu S5, S6, S7, S11, S13, dan S15. Sementara itu, isolat dari sampel lainnya memperlihatkan kombinasi reaksi yang berbeda sehingga belum dapat dikonfirmasi sebagai *E. coli* dan lebih mengarah pada kemungkinan keberadaan bakteri koliform atau anggota *Enterobacteriaceae* lainnya. Khusus sampel S12, pemeriksaan IMViC tidak dilakukan karena pada tahap isolasi menggunakan media EMB Agar tidak ditemukan pertumbuhan koloni, sehingga tidak tersedia isolat yang dapat digunakan untuk pemeriksaan lanjutan.

Berdasarkan hasil pemeriksaan lanjutan, enam isolat, yaitu S5, S6, S7, S11, S13, dan S15, menunjukkan pola IMViC (++--) yang sesuai dengan karakteristik biokimia *Escherichia coli*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan koloni pada media EMB Agar dan pengamatan morfologi secara mikroskopis belum dapat digunakan untuk memastikan identitas bakteri secara keseluruhan. Koloni dengan kilap hijau metalik pada media EMB Agar hanya menjadi salah satu karakteristik awal yang mengarah pada dugaan *E. coli*, karena karakteristik tersebut dapat ditemukan pula pada bakteri lain. Oleh sebab itu, identifikasi perlu didukung oleh hasil pewarnaan Gram dan pemeriksaan biokimia IMViC agar penentuan bakteri dapat dilakukan dengan lebih tepat (Souza et al., 2024; Shofiah & Wulandari, 2026).

Ditemukannya *Escherichia coli* pada sebagian sampel menunjukkan bahwa masih terdapat cemaran mikrobiologis pada minuman es teh yang diperiksa. Kondisi ini dapat berkaitan dengan proses penanganan minuman sejak tahap pengolahan hingga penyajiannya. Kebersihan penjamah, peralatan, bahan yang digunakan, serta kondisi sanitasi selama proses tersebut menjadi bagian yang perlu diperhatikan karena praktik higiene dan sanitasi yang

kurang baik dapat meningkatkan peluang masuknya bakteri Coliform maupun *E. coli* ke dalam makanan dan minuman (Yulistiani et al., 2023; Pangesti & Indrayudha, 2025).

Temuan *E. coli* pada minuman es teh juga menjadi perhatian dari aspek keamanan pangan. Tidak semua strain *E. coli* bersifat patogen, tetapi kelompok tertentu dapat menimbulkan gangguan pada saluran pencernaan, termasuk diare dan nyeri perut. Risiko yang lebih serius dapat terjadi pada strain penghasil toksin Shiga, seperti *E. coli* O157, yang pada kondisi tertentu dapat menyebabkan kolitis hemoragik dan hemolytic uremic syndrome (HUS) (Singha et al., 2023). Oleh sebab itu, keberadaan bakteri indikator maupun bakteri patogen dalam minuman perlu menjadi perhatian dalam upaya menjaga keamanan produk yang dikonsumsi masyarakat.

Enam isolat *Escherichia coli* yang ditemukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat sebagian sampel minuman es teh dari pedagang kaki lima di Desa Dukuh Tengah, Kecamatan Ketanggungan, Kabupaten Brebes yang mengalami kontaminasi. Meskipun demikian, penelitian ini belum dapat menentukan dari mana cemaran tersebut berasal karena pemeriksaan hanya dilakukan terhadap minuman. Air yang digunakan selama proses pembuatan dapat menjadi salah satu kemungkinan sumber masuknya bakteri. Hal ini berkaitan dengan fungsi *E. coli* sebagai salah satu indikator pencemaran fekal pada air, sehingga kualitas air yang digunakan untuk mengolah minuman menjadi aspek penting dalam menjaga keamanan mikrobiologisnya (Sitorus et al., 2024).

Penggunaan es batu juga perlu menjadi perhatian karena bahan tersebut bersentuhan langsung dengan minuman dan pada dasarnya berasal dari air yang dibekukan. Apabila kualitas mikrobiologis air atau proses penanganannya tidak memenuhi kondisi yang baik, es batu berpotensi membawa cemaran ke dalam minuman. Dengan demikian, penggunaan es yang aman secara mikrobiologis menjadi salah satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dari pengendalian kontaminasi pada minuman es teh (Sanjaya et al., 2024).

Faktor lain yang mungkin berperan adalah kondisi kebersihan peralatan selama pengolahan dan penyajian. Gelas, sendok, wadah, serta alat pengaduk yang bersentuhan langsung dengan minuman dapat menjadi perantara perpindahan mikroorganisme apabila tidak dibersihkan dan ditangani dengan baik. Kontaminasi *E. coli* pada peralatan penyajian dapat meningkatkan kemungkinan bakteri berpindah kembali ke minuman. Oleh karena itu, kebersihan peralatan merupakan salah satu bagian penting dalam menjaga kualitas mikrobiologis minuman yang disajikan kepada konsumen (Rahmadani et al., 2022).

Kondisi tempat berjualan juga dapat menjadi faktor yang mendukung masuknya cemaran dari lingkungan. Pedagang kaki lima umumnya melakukan aktivitas penyajian di ruang terbuka, sehingga minuman dapat lebih mudah terpapar debu atau partikel dari lingkungan sekitar, terlebih apabila lokasi berjualan berada di dekat jalan. Apabila wadah minuman tidak terlindungi dengan baik, paparan lingkungan tersebut dapat meningkatkan peluang masuknya mikroorganisme ke dalam minuman. Kondisi lingkungan dan paparan polusi udara diketahui dapat berkaitan dengan keberadaan cemaran mikrobiologis pada jajanan kaki lima, termasuk Coliform dan *Escherichia coli* yang dapat ditemukan pada debu di lingkungan sekitar (Tran et al., 2024).

Secara keseluruhan, keberadaan *Escherichia coli* pada enam sampel menunjukkan bahwa kontaminasi dapat terjadi melalui berbagai tahapan selama penanganan minuman. Air, es batu, peralatan, serta lingkungan tempat penyajian merupakan beberapa faktor yang secara teoritis dapat berkontribusi terhadap masuknya mikroorganisme. Namun, faktor penyebab tersebut belum dapat ditetapkan secara spesifik dalam penelitian ini karena pemeriksaan hanya dilakukan pada sampel minuman dan tidak mencakup sumber air, es batu, peralatan, maupun lingkungan tempat penjualan.

KESIMPULAN

Hasil pemeriksaan mikrobiologis terhadap 15 sampel minuman es teh menunjukkan bahwa seluruh sampel memberikan reaksi positif pada Lactose Broth (LB) dan Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB). Pada media Eosin Methylene Blue (EMB) Agar, pertumbuhan koloni ditemukan pada 14 sampel dengan karakteristik basil Gram negatif, sedangkan sampel S12 tidak memperlihatkan pertumbuhan. Pemeriksaan lanjutan menggunakan IMViC menunjukkan bahwa sampel S5, S6, S7, S11, S13, dan S15 memiliki pola (++--) yang sesuai dengan karakteristik biokimia *Escherichia coli*. Berdasarkan hasil tersebut, *E. coli* ditemukan pada 6 sampel dari total 15 sampel yang diperiksa atau sebesar 40%.

Temuan tersebut menunjukkan adanya cemaran mikrobiologis pada sebagian minuman es teh yang diteliti. Kondisi ini menegaskan pentingnya penerapan higiene dan sanitasi dalam proses pengolahan maupun penyajian minuman. Hasil penelitian dapat menjadi bahan informasi bagi masyarakat dan evaluasi bagi pedagang dalam menjaga keamanan minuman yang dijual. Penelitian berikutnya disarankan untuk turut menguji air, es batu, peralatan, serta lingkungan sekitar tempat penjualan dan menggunakan metode identifikasi yang lebih spesifik guna memperoleh gambaran mengenai kemungkinan sumber kontaminasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2026). Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 3 Tahun 2026 tentang Perubahan atas Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemaran Mikroba dalam Pangan Olahan. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. <https://jdih.pom.go.id/preview/slide/1737/3/2026/c92a10324374fac681719d63979d00fe>
- Caesar, D. L., & Rohmah, U. (2021). Analisis bakteri *E. coli* minuman es dawet di Kabupaten Kudus. *J-KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(1), 59–63. <https://doi.org/10.35329/jkesmas.v7i1.1931>
- Farizqi, M. T. I., Effendi, M. H., Adikara, R. T. S., Yudaniyanti, I. S., Putra, G. D. S., Khairullah, A. R., Kurniawan, S. C., Silaen, O. S. M., Ramadhani, S., Millannia, S. K., Kaben, S. E., & Waruwu, Y. K. (2023). Detection of extended-spectrum β -lactamase-producing *Escherichia coli* genes isolated from cat rectal swabs at Surabaya Veterinary Hospital, Indonesia. *Veterinary World*, 16(9). <https://www.veterinaryworld.org/Vol.16/September-2023/18.pdf>
- Gitawama, M. R. B., Suharti, N., & Harminarti, N. (2021). Identifikasi bakteri *Escherichia coli* dalam air minum galon pada kantin yang ada di Universitas Andalas Padang. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 10(1), 23–28. <https://doi.org/10.25077/jka.v10i1.1507>
- Hamida, I. (2024). Hubungan higiene sanitasi dengan keberadaan *Escherichia coli* pada minuman (Literatur Review). *Jurnal 'Aisyiyah Medika*, 9(1). <https://jurnal.unisa-palembang.ac.id/index.php/JAM/article/view/1187>
- Hutasoit, D. P. (2020). Pengaruh sanitasi makanan dan kontaminasi bakteri *Escherichia coli* terhadap penyakit diare. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 9(2). <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/2107711>
- Nasution, N. I., & Nanda, M. (2026). Gambaran sanitasi pedagang minuman es teh jumbo dan keberadaan *Escherichia coli* di Kelurahan Sei Kera Hilir I. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 9(2), 2389–2400. <https://doi.org/10.56338/jks.v9i2.10304>
- Pangesti, A. H., & Indrayudha, P. (2025). Detection of Coliform and *Escherichia coli* Contamination in Iced Tea Beverages in City X. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 8(4), 2825–2834. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v8i4.1155>
- Politon, F. V. M., & Novianti, N. (2022). Higiene sanitasi pengolahan dan keberadaan bakteri *E. coli* pada es teh di Warung Makan Kelurahan Mamboro Palu Utara. *Banua: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(1), 16–22. <https://doi.org/10.33860/bjkl.v2i1.1227>
- Rahmadani, W., Elida, S., Darmawi, & Darmawan. (2022). Analisis keberadaan *Escherichia coli* pada gelas kopi di warung seputaran kampus Universitas Teuku Umar. *Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat (Jurmakemas)*, 2(1), 36–46.

- <https://jurnal.utu.ac.id/JURMAKEMAS/article/view/5206>
- Sari, P. E., Chandra, P. P. B., & Putri, W. P. (2025). Identifikasi bakteri *Escherichia coli* pada minuman es teh di lingkungan Pasar Embrio Jakarta Timur mengaplikasikan metode MPN Coliform. *Binawan Student Journal*, 7(2), 132–141. <https://doi.org/10.54771/gcs9qj33>
- Septiyana, I., & Wulandari, W. (2025). Gambaran pengetahuan dan keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada minuman es teh di Desa Gonilan Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Jurnal Ners*, 9(2), 1329–1335. <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/ners/article/view/41054>
- Setiawan, D., & Hendra. (2023). Uji bakteriologis air minum isi ulang dengan bakteri *Escherichia coli* dan coliform sebagai indikator. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(1). Garuda - Garba Rujukan Digital <https://share.google/ege3fgPju2hOgiZCs>
- Shofiah, M., & Wulandari, F. (2026). Identifikasi cemaran bakteri *E. coli* pada susu sapi segar di lingkungan Kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Usadha: Journal of Pharmacy*, 5(1), 103–118. <https://jsr.lib.ums.ac.id/index.php/ujsr>
- Singha, S., Thomas, R., Viswakarma, J. N., & Gupta, V. K. (2023). Foodborne illnesses of *Escherichia coli* 0157 origin and its control measures. *Journal of Food Science and Technology*, 60(4), 1274–1283. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05381-9>
- Sipriyadi, Putra, A. H., & Lestari, D. P. (2021). Distribusi coliform dan *Escherichia coli* dari beberapa sungai di Provinsi Bengkulu. *Organisms*. <https://doi.org/10.24042/organisms.v1i2.10842>
- Sitorus, P. N. K., Azzahra, A., Lubis, D. R., Gulo, K. Z., Adila, P., & Siregar, T. A. (2024). Keberadaan *Escherichia coli* pada berbagai jenis air. *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, Kebumihan dan Angkasa*, 2(5), 32–39. <https://doi.org/10.62383/algoritma.v2i5.116>
- Souza, H. D. F. de, Ferreira, P. F. A., Patricio, T. C. da C., Santiago, G. S., Coelho, I. da S., Souza, M. M. S. de, Fernandes, K. C. B., & Coelho, S. M. de O. (2024). Is green metallic sheen in EMB accurate to assist the *Escherichia coli* identification? *Revista Pró-UniverSUS*, 15(4), 01–09. <https://doi.org/10.21727/rpu.v15i4.4520>
- Tran, T., Dat, V. H., Phuong, V. N., Tu, T. H. C., Duong, D. V., & Loc, H. H. (2024). Assessing urban street food safety among youth: The impact of road dust on potential microbial contamination risks to student health. *Microbial Risk Analysis*, 27–28, 100327. <https://doi.org/10.1016/j.mran.2024.100327>
- WHO Tricycle Project Indonesia. (2021). Extended spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* surveillance in the human, food chain, and environment sectors. *One Health*, 13, 100331. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100331>
- Wispriono, B., Arsyina, L., Ardiansyah, I., Pratiwi, L. D., Arminsih, R., & Budi. (2021). The role of hygiene and sanitation to the *Escherichia coli* contamination in drinking water in Depok City, Indonesia. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9(E), 641–644. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.6152>
- World Health Organization. (2024). Food safety. <https://www.who.int/health-topics/food-safety>
- Yulistiani, R., Jariyah, Raharjo, D., Sarofa, U., & Sabrina, D. A. (2023). Tingkat cemaran bakteri Coliform dan *Escherichia coli* pada makanan dan minuman sebagai dampak kondisi higiene sanitasi di Sentra Kuliner Penjaringan Sari, Surabaya. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 14(1), 35–47. <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/Teknologi-Pangan/article/view/3565>
- Zikra, W., Amir, A., & Putra, A. E. (2018). Identifikasi bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) pada air minum di rumah makan dan cafe di Kelurahan Jati serta Jati Baru Kota Padang. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 7(2). <https://doi.org/10.25077/jka.v7i2.804>