



Biogenerasi Vol 11 No 2, 2026  
**Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi**  
Universitas Cokroaminoto Palopo  
<https://e-journal.my.id/biogenerasi>  
e-ISSN 2579-7085



---

**LITERATUR REVIEW: APLIKASI MOLEKULER BERBASIS PCR DALAM DETEKSI DAN KARAKTERISASI *Escherichia coli* PADA SEKTOR LINGKUNGAN, PANGAN, DAN KLINIS**

<sup>1</sup>Diva Yunavita, <sup>2</sup>Dwi Hilda Putri

Universitas Negri Padang, Indonesia

\*Corresponding author E-mail: [dyunavita@gmail.com](mailto:dyunavita@gmail.com)

---

DOI : <https://doi.org/10.30605/jcp1q263>

Accepted : 20 April 2026    Approved : 10 Mei 2026    Published : 11 Mei 2026

**Abstract**

*Escherichia coli* is a gram-negative bacterium and a key indicator of water and food contamination. Conventional PCR is a widely used molecular method for specific, rapid, and sensitive *E. coli* detection. This literature review systematically examines the application of conventional PCR in *E. coli* detection across water, food, and clinical sample matrices from 2017 to 2025. Thirteen scientific articles were reviewed regarding research objects, PCR methods, research stages, and findings. Conventional PCR using primers 16E1/16E2 (584 bp), Afa FP/RP (480 bp), and ESS (825 bp) effectively detected *E. coli* in diverse samples. PCR showed superior sensitivity (100%) and specificity (94.34%) compared to culture methods (Hariri, 2022). Direct PCR offered a cost-effective alternative without DNA extraction (JG, 2025). Multiplex PCR enabled simultaneous detection of multiple virulence genes (Ekawati et al.; Microbiology Spectrum, 2024). Conventional PCR remains a reliable, specific, and rapid tool for *E. coli* detection across diverse sample types.

**Keywords :** *Escherichia coli*, PCR Konvensional, Deteksi Molekuler, Kontaminasi Pangan, Virulensi

## PENDAHULUAN

*Escherichia coli* merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang yang secara alami menghuni saluran pencernaan manusia dan hewan berdarah panas. Sebagian besar strain *E. coli* bersifat komensal dan tidak berbahaya, namun sejumlah strain patogenik diketahui mampu menyebabkan penyakit serius seperti diare, infeksi saluran kemih, meningitis neonatal, serta keracunan makanan (Putri *et al.*, 2022). Keberadaan *E. coli* dalam air dan pangan merupakan indikator penting pencemaran lingkungan dan sanitasi yang buruk, sehingga deteksinya menjadi prioritas dalam sistem keamanan pangan dan kesehatan masyarakat (Bioma, 2021).

Metode deteksi *E. coli* secara konvensional meliputi pembiakan bakteri pada media selektif seperti Eosin Methylene Blue Agar (EMBA) dan uji biokimia. Meskipun metode ini masih umum digunakan, namun memiliki keterbatasan berupa waktu yang lebih lama, sensitivitas yang bervariasi, serta ketidakmampuan untuk membedakan subtype patogenik secara spesifik (CIHAMS, 2020). Dalam konteks ini, metode molekuler khususnya Polymerase Chain Reaction (PCR) konvensional hadir sebagai solusi yang lebih andal.

PCR konvensional merupakan teknik amplifikasi DNA *in vitro* yang memungkinkan penggandaan segmen DNA target secara spesifik menggunakan pasangan primer oligonukleotida. Metode ini telah terbukti mampu mendeteksi *E. coli* dari berbagai jenis sampel secara cepat dan akurat (Hariri, 2022; Makara Sains, 14(1)). Perkembangan lebih lanjut meliputi optimasi primer, penggunaan Direct PCR tanpa ekstraksi, serta pengembangan Multiplex PCR untuk mendeteksi beberapa gen target secara simultan (JKG, 2025; Microbiology Spectrum, 2024).

Mengingat besarnya perhatian terhadap aplikasi PCR konvensional dalam deteksi *E. coli* dari berbagai matriks sampel, diperlukan suatu kajian literatur yang komprehensif untuk merangkum dan menganalisis perkembangan metodologi tersebut. Artikel literatur review ini bertujuan untuk menelaah secara sistematis penerapan PCR konvensional dalam deteksi *E.*

*coli* pada sampel air, pangan, dan klinis berdasarkan 13 artikel ilmiah yang diterbitkan pada periode 2017–2025.

## METODE

Penelitian ini menggunakan desain literature review sistematis. Artikel ilmiah yang digunakan diperoleh melalui penelusuran database elektronik meliputi Google Scholar, PubMed, ResearchGate, dan repositori jurnal nasional terakreditasi. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian adalah "*Escherichia coli*", "PCR konvensional", "deteksi molekuler", "conventional PCR *E. coli* detection", dan variasi kombinasinya.

Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel yang menggunakan metode PCR konvensional sebagai salah satu metode deteksi *E. coli*; (2) diterbitkan pada tahun 2017 hingga 2025; (3) tersedia dalam versi teks lengkap; serta (4) berbahasa Indonesia atau Inggris. Kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak mencantumkan metode PCR secara eksplisit, artikel review yang tidak berbasis data primer (kecuali satu artikel review yang dimasukkan untuk tujuan komparasi metodologis), serta artikel duplikat.

Dari hasil penelusuran, diperoleh 13 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Data yang diekstraksi dari setiap artikel meliputi: judul penelitian, objek penelitian, metode PCR konvensional yang digunakan (jenis primer, kondisi PCR, metode ekstraksi DNA), tahapan penelitian, serta hasil penelitian. Data kemudian disusun dalam tabel matriks literatur dan dianalisis secara deskriptif-naratif untuk mengidentifikasi pola, tren metodologi, serta perbandingan hasil deteksi antar studi.

## HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelusuran dan seleksi literatur, diperoleh 13 artikel ilmiah yang memenuhi kriteria inklusi, diterbitkan antara tahun 2017 hingga 2025. Artikel-artikel tersebut meliputi penelitian dari Indonesia (9 artikel) dan internasional (4 artikel), dengan berbagai jenis matriks sampel dan pendekatan metodologi PCR. Rangkuman seluruh artikel disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Matriks Literatur Deteksi Escherichia coli dengan Metode PCR Konvensional (2017–2025)

NO	Judul Artikel	Objek Penelitian	Metode Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Referensi
1	Deteksi Molekuler E. coli sebagai Penyebab Diare dengan PCR	Sampel air sumur bor dan galian (8 titik)	PCR Konvensional; Primer 16E1 & 16E2; ekstraksi boiling	Pengambilan sampel, ekstraksi DNA (boiling), amplifikasi PCR, elektroforesis gel agarosa, visualisasi UV	1 dari 8 sampel positif E. coli (pita ~584 bp). PCR lebih spesifik dan cepat dibanding kultur.	Bioma: Jurnal Biologi Makassar (2021)
2	Deteksi E. coli dengan PCR pada Sampel Makanan Takjil	10 sampel makanan takjil PKL di Padang, Sumatera Barat	PCR Konvensional; primer spesifik (target 417 bp); gel agarosa	Pengambilan sampel acak, isolasi dan ekstraksi DNA, amplifikasi PCR, elektroforesis, analisis pita DNA	Seluruh 10 sampel negatif E. coli (tidak ada pita 417 bp selain kontrol positif).	Putri et al. (2022) Prosiding Semnas Biologi FMIPA UNP, 2(1), 405–413
3	Deteksi E. coli dengan PCR: Literature Review	E. coli berbagai sub tipe (EPEC, EHEC, ETEC, EAEC, EIEC, DAEC)	PCR Konvensional (kajian literatur berbagai protokol)	Seleksi literatur, analisis protokol PCR, kajian primer & gen target, sintesis hasil review	PCR mampu mendeteksi berbagai sub tipe E. coli secara spesifik dan akurat; lebih unggul dari metode konvensional.	CIHAMS (2020) Conference on Innovation in Health, Accounting and Management Sciences
4	Deteksi E. coli Patogen pada Pangan: Konvensional & Multiplex PCR	E. coli patogen (ATCC 25922) pada sampel tahu, es sirup, es teh	PCR Konvensional & Multiplex PCR; ekstraksi DNA standar; gel agarosa	Pengambilan sampel pangan, isolasi E. coli konvensional, ekstraksi DNA, amplifikasi PCR konvensional & multiplex, elektroforesis	8 sampel positif E. coli (5 tahu, 2 es sirup, 1 es teh). Multiplex PCR mengkonfirmasi hasil lebih efisien.	Ekawati et al. Jurnal SainHealth, 1(2), 23–31
5	Detection of E. coli in Food Samples Using Culture and PCR Methods	150 sampel pangan (daging sapi, ayam, ikan) di Mekah, Arab Saudi	PCR Konvensional; primer Afa FP & Afa RP (amplikon 480 bp); gel agarosa 1,5%; 120V	Pengambilan sampel, pre-enrichment 6 jam, ekstraksi DNA, amplifikasi PCR (30 siklus), elektroforesis dan visualisasi UV	44/150 (29,3%) positif kultur; 50/150 (33,3%) positif PCR. Sensitivitas PCR 100%, spesifisitas 94,34%.	Hariri, S. (2022) Cureus, 14(12): e32808
6	Desain Primer & Pemurnian Ganda untuk Deteksi PCR Gen 16S rRNA E. coli	E. coli (gen 16S rRNA); kontrol negatif: P. aeruginosa	PCR Konvensional; Primer Pair 2 (NCBI Primer Blast); ekstraksi fenol-kloroform + pemurnian ganda; gel agarosa 2%	Kultur E. coli di EMBA, inkubasi 24 jam (37°C), ekstraksi DNA (lisis, fenol-kloroform, presipitasi etanol), amplifikasi PCR, elektroforesis	Produk PCR 553 bp terkonfirmasi. P. aeruginosa tidak teramplifikasi; membuktikan spesifisitas Primer Pair 2.	Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan (2025) IIK Kediri
7	Deteksi Cepat E. coli dalam Sampel Air dengan PCR Primer 16E1 dan 16E2	E. coli pada 10 sampel air dari berbagai sumber	PCR Konvensional; Primer 16E1 & 16E2 (amplikon 584 bp); gel agarosa	Pengambilan 10 sampel air, ekstraksi DNA, amplifikasi PCR, elektroforesis,	4 dari 10 sampel positif E. coli. Pita DNA 584 bp tervisualisasi. PCR lebih cepat dan spesifik.	Makara Sains, 14(1): 39–43

				konfirmasi dengan kultur konvensional		
8	Direct PCR for E. coli: A Straightforward and Cost-Effective Method	E. coli (Direct PCR vs PCR standar dengan ekstraksi)	PCR Konvensional (standar) & Direct PCR; template: kultur langsung; gel agarosa	Penyiapan kultur, Direct PCR (tanpa ekstraksi), PCR standar (dengan ekstraksi kit), amplifikasi (3 replikasi), elektroforesis dan interpretasi	Direct PCR berhasil mendeteksi E. coli tanpa ekstraksi dengan hasil sebanding PCR standar. Lebih hemat biaya dan waktu.	Jurnal Kesmas dan Gizi (JKG) (2025) Mediastra
9	Detection of Virulence Determinants of Uropathogenic E. coli (UPEC)	E. coli uropatogenik (UPEC) dari sampel klinis; 6 gen virulensi (hlyA, fimH, papC, iutA, cnf1, sat)	PCR Konvensional; ekstraksi boiling (100°C, 10 menit); 6 pasang primer spesifik gen virulensi	Isolasi UPEC dari sampel klinis, ekstraksi DNA (boiling), amplifikasi PCR untuk 6 gen virulensi, elektroforesis, analisis profil gen virulensi	Gen virulensi UPEC terdeteksi dengan PCR. fimH dan papC paling sering ditemukan. PCR efektif mengkarakterisasi profil virulensi.	Cureus/PMC (2025) PMC11923561
10	Optimasi Isolasi DNA E. coli pada Sampel Air Sungai Berbasis PCR	E. coli (dan Salmonella, Shigella) pada sampel air Sungai Gangga, Padang	PCR Konvensional; primer ESS (spesifik E. coli, Salmonella, Shigella); gel agarosa	Pengambilan sampel air sungai, optimasi isolasi DNA, amplifikasi PCR dengan primer ESS, elektroforesis, analisis pita DNA (825 bp)	Primer ESS optimal untuk deteksi E. coli dengan amplicon 825 bp. Isolasi DNA paling optimal dalam microtube.	Putri & Achyar (2024) Jurnal Serambi Biologi, UNP
11	Identifikasi E. coli pada Saus Makanan Jajanan Cilok di Sekolah Dasar	E. coli pada sampel saus cilok di SD Kecamatan Indralaya Selatan, Kabupaten Ogan Ilir	PCR Konvensional; ekstraksi DNA standar; gel agarosa	Pengambilan sampel saus cilok, isolasi dan identifikasi E. coli, ekstraksi DNA, amplifikasi PCR, elektroforesis dan visualisasi	E. coli teridentifikasi secara molekuler pada sampel saus cilok. PCR mengkonfirmasi kontaminasi pada makanan jajanan SD.	JIFI: Jurnal Ilmiah Farmasi Imelda (2023) 7(1)
12	An Optimized PCR Assay to Detect E. coli Harboring the astA Gene (EAST1) in Food Matrices	E. coli enteroagregatif (EAEC) pembawa gen astA pada berbagai matriks pangan	PCR Konvensional; 4 set primer spesifik gen astA; AmpliTaq Gold (95°C/10 min; 30 siklus); gel agarosa	Persiapan sampel pangan dengan enrichment, ekstraksi DNA, amplifikasi PCR (4 set primer astA; 30 siklus), elektroforesis, evaluasi spesifisitas & sensitivitas	Primer astA spesifik berhasil mengamplifikasi gen EAST1 dari berbagai matriks pangan. Protokol PCR optimal ditetapkan untuk deteksi EAEC.	Arai et al. (2025) Food Safety (FSCJ) DOI: 10.14252/foodsafetyfscj. D-25-00013
13	Novel Multiplex-PCR for E. coli Detection Using Genes cydA, lacY, and ydiV	E. coli (1.171 genom lengkap; validasi pada isolat laboratorium dan klinis)	PCR Konvensional dikembangkan ke Multiplex PCR; primer cydA, lacY, ydiV; gel agarosa 2%	Desain primer dari 1.171 genom E. coli (NCBI), penyiapan isolat laboratorium & klinis, ekstraksi DNA, amplifikasi PCR (3 gen target), elektroforesis	Kombinasi tiga gen (cydA, lacY, ydiV) memberikan deteksi sangat spesifik tanpa cross-reaction pada konsentrasi DNA sangat rendah.	Microbiology Spectrum / PMC (2024) DOI: 10.1128/spectrum. 03773-23

## 1. Keragaman Matriks Sampel dan Objek Penelitian

Kajian terhadap 13 artikel menunjukkan bahwa PCR konvensional telah diterapkan pada berbagai matriks sampel, meliputi air sumur dan sungai, pangan (takjil, tahu, es sirup, es teh, daging, saus cilok), hingga sampel klinis (urin, spesimen klinis UPEC). Keluasan aplikasi ini mencerminkan fleksibilitas metode PCR konvensional sebagai alat deteksi *E. coli* yang tidak terbatas pada satu jenis matriks. Studi di Indonesia, seperti yang dilakukan oleh (Putri & Achyar, 2024) pada makanan takjil di padang pada air Sungai Gangga, menunjukkan pentingnya pemantauan *E. coli* di lingkungan perkotaan yang padat. Sementara itu, studi internasional oleh (Hariri 2022) di Arab Saudi membuktikan PCR aplikabel untuk pengawasan keamanan pangan di skala lebih besar dengan 150 sampel pangan dari hotel dan restoran.

## 2. Variasi Primer dan Gen Target PCR Konvensional

Analisis metodologi menunjukkan adanya keragaman primer yang digunakan dalam deteksi *E. coli* secara PCR. Primer 16E1 dan 16E2 yang menarget gen 16S rRNA dengan ampikon 584 bp merupakan primer yang paling sering digunakan dalam studi di Indonesia, terbukti efektif pada sampel air (Bioma, 2021; Makara Sains, 14(1)). Primer ESS dengan ampikon 825 bp memberikan kelebihan berupa kemampuan deteksi simultan terhadap *E. coli*, *Salmonella*, dan *Shigella* dalam satu reaksi PCR (Putri & Achyar, 2024). Di tingkat internasional, primer Afa FP/RP (480 bp) digunakan untuk deteksi pada pangan (Hariri, 2022), sedangkan primer yang menarget gen *astA* (EAST1) dioptimalkan secara khusus untuk deteksi *E. coli* enteroagregatif (EAEC) pada berbagai matriks pangan (Arai *et al.*, 2025). Pengembangan terbaru oleh *Microbiology Spectrum* (2024) menunjukkan bahwa kombinasi tiga gen target (*cydA*, *lacY*, *ydiV*) memberikan spesifisitas yang sangat tinggi tanpa cross-reaction dengan bakteri lain bahkan pada konsentrasi DNA yang sangat rendah.

## 3. Metode Ekstraksi DNA dan Inovasi Direct PCR

Metode ekstraksi DNA yang digunakan dalam studi-studi yang dikaji bervariasi mulai dari metode boiling sederhana (pemanasan 100°C selama 10 menit) hingga metode fenol-

kloroform dengan pemurnian ganda. Metode boiling terbukti cukup efektif untuk keperluan diagnostik rutin karena hemat biaya dan waktu (Bioma, 2021; Cureus/PMC, 2025). Sementara itu, metode fenol-kloroform dengan pemurnian ganda menghasilkan DNA berkualitas lebih tinggi dan meningkatkan spesifisitas primer, terbukti dari keberhasilan amplifikasi dengan Primer Pair 2 pada gen 16S rRNA *E. coli* tanpa amplifikasi pada *P. aeruginosa* sebagai kontrol negatif (Jurnal Wiyata, 2025). Inovasi signifikan hadir melalui Direct PCR yang memungkinkan amplifikasi langsung dari kultur bakteri tanpa tahap ekstraksi DNA, menghasilkan sensitivitas yang sebanding dengan PCR standar namun dengan biaya dan waktu yang jauh lebih efisien (JKG, 2025).

## 4. Perbandingan Sensitivitas dan Spesifisitas PCR terhadap Metode Konvensional

Secara umum, seluruh studi yang dikaji mengkonfirmasi keunggulan PCR konvensional dibandingkan metode kultur konvensional dalam hal spesifisitas dan kecepatan deteksi. Studi (Hariri 2022) secara kuantitatif melaporkan sensitivitas PCR sebesar 100% dengan spesifisitas 94,34% terhadap gold standard kultur, dengan PCR berhasil mendeteksi lebih banyak sampel positif (50/150) dibandingkan kultur (44/150). Studi oleh CIHAMS (2020) melalui kajian literatur menegaskan bahwa PCR mampu membedakan sub tipe *E. coli* patogenik seperti EPEC, EHEC, ETEC, EAEC, EIEC, dan DAEC yang tidak dapat dilakukan dengan metode kultur biasa. Kemampuan ini sangat penting dalam konteks epidemiologi dan penatalaksanaan klinis. Hasil serupa dilaporkan oleh Makara Sains (14(1)) yang membuktikan konkordansi hasil PCR dengan metode konvensional pada 4 dari 10 sampel air positif.

## 5. Pengembangan dari PCR Konvensional ke Multiplex PCR

Beberapa studi yang dikaji tidak hanya menggunakan PCR konvensional tetapi juga mengembangkannya ke arah Multiplex PCR untuk meningkatkan efisiensi deteksi. Ekawati *et al.* (Jurnal SainHealth) menggunakan kombinasi PCR konvensional dan Multiplex PCR untuk konfirmasi *E. coli* patogen pada sampel pangan, di mana Multiplex PCR terbukti lebih efisien. *Microbiology Spectrum* (2024) mengembangkan Novel Multiplex-PCR menggunakan tiga gen target (*cydA*, *lacY*,

ydiV) berdasarkan analisis 1.171 genom E. coli dari NCBI, yang terbukti memberikan deteksi sangat spesifik bahkan pada konsentrasi DNA rendah. Pengembangan Multiplex PCR ini membuka peluang deteksi simultan beberapa patogen atau serotipe E. coli dalam satu reaksi, meningkatkan efisiensi laboratorium secara signifikan.

## 6. Relevansi Temuan bagi Keamanan Pangan dan Kesehatan Masyarakat

Temuan dari studi-studi yang dikaji memiliki implikasi praktis yang signifikan bagi keamanan pangan dan kesehatan masyarakat, terutama di Indonesia. Kontaminasi E. coli ditemukan pada berbagai jenis pangan jajanan yang umum dikonsumsi masyarakat, termasuk tahu, es sirup, dan saus cilok di sekolah dasar (Ekawati et al.; JIFI, 2023). Hal ini menunjukkan potensi risiko kesehatan yang nyata bagi konsumen, khususnya anak-anak. Sementara itu, studi pada sampel air di Padang seperti pada air Sungai Gangga (Putri & Achyar, 2024) dan sampel takjil (Putri et al., 2022) memberikan gambaran kondisi sanitasi lingkungan yang perlu terus dipantau. Penerapan PCR konvensional sebagai alat pemantauan rutin memungkinkan tindakan pengendalian yang lebih cepat dan tepat sasaran dibandingkan menunggu hasil kultur yang memerlukan waktu lebih lama.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kajian terhadap 13 artikel ilmiah tentang deteksi E. coli menggunakan PCR konvensional (2017–2025), dapat disimpulkan bahwa: (1) PCR konvensional merupakan metode deteksi E. coli yang andal, spesifik, dan lebih cepat dibandingkan metode kultur konvensional; (2) Berbagai jenis metode primer telah dikembangkan untuk mendeteksi E. coli dari beragam matriks sampel seperti air, pangan, dan spesimen klinis; (3) Inovasi berupa Direct PCR dan Multiplex PCR semakin meningkatkan efisiensi dan cakupan deteksi; (4) Kontaminasi E. coli terdeteksi pada berbagai jenis pangan dan air di Indonesia, mengindikasikan perlunya peningkatan pengawasan sanitasi secara berkelanjutan; (5) Deteksi gen virulensi dengan PCR memberikan informasi penting tentang patogenisitas isolat E. coli yang ditemukan.

Disarankan agar penelitian-penelitian mendatang lebih banyak menggunakan pendekatan Multiplex PCR atau Real-time PCR

untuk meningkatkan efisiensi dan sensitivitas deteksi E. coli. Selain itu, pengembangan protokol Direct PCR yang terstandarisasi perlu didorong sebagai alternatif yang lebih cost-effective untuk laboratorium dengan sumber daya terbatas. Pengawasan keamanan pangan berbasis PCR di Indonesia juga perlu diperluas cakupannya, khususnya pada pangan jajanan anak sekolah dan sumber air minum masyarakat.

## DAFTAR RUJUKAN

- Arai, et al. (2025). An Optimized PCR Assay to Detect E. coli Harboring the *astA* Gene (EAST1) in Various Food Matrices. *Food Safety (FSCJ)*. DOI: 10.14252/foodsafetyfscj.D-25-00013
- Bioma: Jurnal Biologi Makassar. (2021). Deteksi Molekuler Bakteri *Escherichia coli* sebagai Penyebab Penyakit Diare dengan Menggunakan Teknik PCR. [journal.unhas.ac.id/index.php/bioma/article/view/13194](http://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma/article/view/13194)
- CIHAMS: Conference on Innovation in Health, Accounting and Management Sciences. (2020). Deteksi *Escherichia coli* dengan Metode Polimerase Chain Reaction (PCR): Literature Review. [cihams.setiabudi.ac.id/index.php/proceeding/article/view/24](http://cihams.setiabudi.ac.id/index.php/proceeding/article/view/24)
- Ekawati, et al. Deteksi *Escherichia coli* Patogen pada Pangan Menggunakan Metode Konvensional dan Multiplex PCR. *Jurnal SainHealth*, 1(2), 23–31.
- Hariri, S. (2022). Detection of *Escherichia coli* in Food Samples Using Culture and Polymerase Chain Reaction Methods. *Cureus*, 14(12): e32808. DOI: 10.7759/cureus.32808
- JIFI: Jurnal Ilmiah Farmasi Imelda. (2023). Identifikasi Bakteri *Escherichia coli* pada Saus Makanan Jajanan Cilok di Sekolah Dasar Kecamatan Indralaya Selatan. 7(1). [jurnal.uimedan.ac.id/index.php/JURNALFARMASI/article/view/1505](http://jurnal.uimedan.ac.id/index.php/JURNALFARMASI/article/view/1505)
- Jurnal Kesmas dan Gizi (JKG). (2025). Direct PCR for *Escherichia coli*: A Straightforward and Cost-Effective Method. *Mediastra*. [ejournal.medistra.ac.id/index.php/JKG/article/view/2606](http://ejournal.medistra.ac.id/index.php/JKG/article/view/2606)

- Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan. (2025). Desain Primer dan Pemurnian Ganda untuk Deteksi PCR Gen 16S rRNA pada *Escherichia coli*. IIK Kediri. [ojs.iik.ac.id/index.php/wiyata/article/view/1007](https://ojs.iik.ac.id/index.php/wiyata/article/view/1007)
- Makara Sains, 14(1): 39–43. Deteksi Cepat Bakteri *Escherichia coli* dalam Sampel Air dengan Metode PCR Menggunakan Primer 16E1 dan 16E2. [researchgate.net/publication/47416691](https://researchgate.net/publication/47416691)
- Microbiology Spectrum / PMC. (2024). Novel Multiplex-PCR Test for *Escherichia coli* Detection Using Genes *cydA*, *lacY*, and *ydiV*. DOI: 10.1128/spectrum.03773-23. PMC11237426
- PMC / Cureus. (2025). Detection of Virulence Determinants of Uropathogenic *Escherichia coli* (UPEC). PMC11923561
- Putri, et al. (2022). Deteksi Bakteri *Escherichia coli* dengan Metode PCR pada Sampel Makanan Takjil. Prosiding Semnas Biologi FMIPA UNP, 2(1), 405–413. DOI: 10.24036/prosemmasbio/vol2/404
- Putri & Achyar. (2024). Optimasi Isolasi DNA Bakteri Patogen (*E. coli*) pada Sampel Air Sungai Berbasis PCR. Jurnal Serambi Biologi, UNP. [serambibiologi.ppj.unp.ac.id/index.php/srmb/article/view/241](https://serambibiologi.ppj.unp.ac.id/index.php/srmb/article/view/241)