



ARTIKEL PENELITIAN

URL artikel: <http://https://journal.famika.web.id/ojs/index.php/ijimf/index>

Uji Sensitivitas Antibiotik dan Penentuan Minimum Inhibitory Concentration (MIC) *Escherichia coli* dari Isolat Sputum Pasien Infeksi Saluran Pernapasan

Rahmad U. Mohune¹, Nur Amalia Alif², Asih Luklu Susiati³, Jumrohwti⁴, Malika Digra Layla Ramadhan⁵

Program Studi Ilmu Biomedis, Universitas Famika

Email Korespondensi : rahmadmohune@gmail.com

ABSTRAK

Infeksi bakteri merupakan salah satu penyebab utama berbagai penyakit yang memerlukan terapi antibiotik secara tepat. Meningkatnya kasus resistensi antibiotik menyebabkan perlunya pemeriksaan kultur bakteri dan uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM/MIC) untuk menentukan tingkat kepekaan bakteri terhadap antibiotik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkultur bakteri dari sampel sputum pasien, mengidentifikasi karakteristik pertumbuhan bakteri, serta menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM/MIC) antibiotik menggunakan metode dilusi kaldu (broth dilution). Penelitian ini dilakukan melalui inokulasi sampel sputum pada media Blood Agar Plate (BAP) dan MacConkey Agar (MCA), dilanjutkan dengan inkubasi, pengamatan morfologi koloni, serta pengujian sensitivitas antibiotik menggunakan metode broth dilution. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat bakteri yang diperoleh adalah *Escherichia coli*, yang tumbuh baik pada media BAP dan MCA dengan karakteristik koloni yang sesuai. Pengujian KHM/MIC menunjukkan adanya perbedaan tingkat kepekaan terhadap antibiotik yang diuji, yaitu kategori sensitif, intermediet, dan resisten. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa setiap antibiotik memiliki efektivitas yang berbeda dalam menghambat pertumbuhan bakteri, yang dipengaruhi oleh mekanisme kerja antibiotik dan mekanisme resistensi bakteri. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode kultur bakteri dan penentuan KHM/MIC menggunakan metode broth dilution merupakan pemeriksaan yang efektif untuk mengidentifikasi bakteri serta menentukan tingkat sensitivitas antibiotik sebagai dasar pemilihan terapi yang tepat dan rasional.

Kata Kunci: *Escherichia coli*; kultur bakteri; Konsentrasi hambat minimum (KHM/MIC); Broth dilution; Resistensi antibiotik.

PUBLISHED BY :

Universitas Famika

Address :

BTP Grand Central No. 12,
Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia.

Email :

journal@famika.web.id

Phone :

+628124202015

Article history : (dilengkapi oleh admin)

Received 30 07 2026

Received in revised form 04 08 2026

Accepted 07 08 2026

Available online 07 08 2026

licensed by [under the Creative Commons Attribution License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



PENDAHULUAN

Penyakit infeksi bakteri masih menjadi salah satu masalah kesehatan utama di dunia. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional menyebabkan munculnya bakteri resisten sehingga efektivitas terapi semakin menurun. Resistensi antibiotik menjadi ancaman global karena dapat meningkatkan angka kesakitan, kematian, serta biaya pelayanan kesehatan. Penggunaan antibiotik harus dilakukan secara tepat berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium agar terapi yang diberikan efektif.¹

Perbedaan mekanisme kerja menyebabkan setiap antibiotik memiliki spektrum aktivitas yang berbeda terhadap mikroorganisme. Oleh karena itu, pemilihan antibiotik harus mempertimbangkan jenis bakteri penyebab infeksi dan tingkat kepekaannya agar pengobatan dapat memberikan hasil yang optimal.²

Meningkatnya resistensi bakteri terhadap berbagai antibiotik menjadi tantangan besar dalam dunia kesehatan. Kondisi tersebut menyebabkan terapi infeksi menjadi lebih sulit sehingga diperlukan pemeriksaan kepekaan bakteri terhadap antibiotik sebelum menentukan terapi yang sesuai.

Salah satu parameter penting dalam uji kepekaan antibiotik adalah Minimum Inhibitory Concentration (MIC) atau Konsentrasi Hambat Minimum (KHM), yaitu konsentrasi terendah suatu antibiotik yang masih mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Nilai MIC memberikan informasi yang lebih akurat mengenai tingkat kepekaan bakteri terhadap antibiotik dibandingkan uji difusi. Informasi tersebut sangat penting sebagai dasar dalam menentukan dosis dan efektivitas suatu antibiotik.³

Penentuan nilai MIC umumnya dilakukan menggunakan metode dilusi, salah satunya metode dilusi kaldu (broth dilution). Nilai MIC ditentukan sebagai konsentrasi antibiotik terendah yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Metode broth dilution banyak digunakan karena memberikan hasil yang kuantitatif, akurat, serta dapat dikembangkan untuk menentukan aktivitas bakterisidal suatu antibiotik.⁴

Interpretasi hasil MIC harus dilakukan berdasarkan metode yang terstandarisasi agar hasil yang diperoleh dapat dipercaya dan dibandingkan antar laboratorium. Dengan demikian, nilai MIC tidak hanya menggambarkan tingkat kepekaan bakteri terhadap antibiotik, tetapi juga membantu mendeteksi adanya perkembangan resistensi bakteri secara lebih dini.⁵

Meskipun metode Minimum Inhibitory Concentration (MIC) telah menjadi salah satu metode yang andal dalam menentukan tingkat kepekaan bakteri terhadap antibiotik, pemantauan pola resistensi bakteri tetap perlu dilakukan secara berkelanjutan. Systematic review mengenai resistensi antimikroba di Indonesia menunjukkan bahwa data Antimicrobial Resistance (AMR) di Indonesia masih terbatas dan sistem surveilans perlu terus diperkuat untuk mendukung penggunaan antibiotik yang rasional. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai profil kepekaan *Escherichia coli* terhadap beberapa antibiotik berdasarkan nilai MIC menggunakan metode broth dilution. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi *Escherichia coli* dari isolat sputum serta menentukan

nilai Minimum Inhibitory Concentration (MIC) terhadap beberapa antibiotik menggunakan metode broth dilution.⁶

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan mengkaji kemampuan antibiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri melalui penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM/MIC) menggunakan metode dilusi kaldu (*broth dilution*). Penelitian dilaksanakan pada Selasa, 7 Juli 2026 di Laboratorium Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat (BBLKM). Subjek penelitian berupa isolat bakteri yang berasal dari satu sampel sputum pasien yang diduga mengalami infeksi bakteri pada saluran pernapasan. Alat yang digunakan meliputi cawan petri, botol sampel sputum, inkubator, dan ose bulat, sedangkan bahan yang digunakan berupa media Blood Agar Plate (BAP) dan MacConkey Agar (MCA). Sampel sputum diinokulasikan secara aseptik menggunakan ose bulat pada media BAP dan MCA dengan metode *streak plate* untuk memperoleh koloni tunggal, kemudian diinkubasi pada suhu 35–37°C selama 18–24 jam. Setelah inkubasi, pertumbuhan koloni diamati berdasarkan jumlah, bentuk, ukuran, warna, elevasi, tepi koloni, serta karakteristik pertumbuhan pada masing-masing media.

Koloni yang tumbuh diidentifikasi berdasarkan karakteristik morfologi dan sifat pertumbuhannya pada media BAP dan MCA, kemudian dikonfirmasi menggunakan pemeriksaan identifikasi laboratorium yang tersedia di BBLKM hingga diperoleh spesies bakteri. Isolat yang teridentifikasi sebagai *Escherichia coli* selanjutnya digunakan dalam pengujian KHM/MIC terhadap beberapa antibiotik menggunakan metode *broth dilution*. Suspensi bakteri diinokulasikan ke dalam media kaldu yang mengandung antibiotik dengan berbagai konsentrasi, kemudian diinkubasi sesuai kondisi pertumbuhan bakteri. Pertumbuhan bakteri diamati berdasarkan tingkat kekeruhan media, sedangkan nilai MIC ditentukan sebagai konsentrasi antibiotik terendah yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Data hasil kultur, identifikasi, dan pengujian MIC dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil pengujian kemudian diinterpretasikan oleh sistem VITEK 2 berdasarkan parameter dan *breakpoint* yang dikonfigurasi pada sistem laboratorium untuk memperoleh kategori sensitif (S), intermediet (I), atau resisten (R). kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan uraian deskriptif untuk menggambarkan profil kepekaan *Escherichia coli* terhadap antibiotik yang diuji.

HASIL

Hasil penelitian meliputi karakteristik isolat bakteri pada media kultur, hasil pertumbuhan koloni, serta hasil uji kepekaan antibiotik berdasarkan nilai Minimum Inhibitory Concentration (MIC). Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel 1,2 dan 3, gambar 1,2 dan 3, dan dalam grafik 1 untuk mempermudah interpretasi hasil.

Tabel 1. Tabel karakteristik isolat

Media kultur	Warna koloni	Bentuk koloni	Hemolisis	Interpretasi
Blood Agar	Abu-abu keputihan atau putih susu	Bulat, permukaan halus, tepi rata	Tidak ada hemolisis	Koloni sesuai karakteristik bakteri Gram negatif enterik
MacConkey	Merah muda (pink)	Bulat, halus, cembung	—	Fermentasi laktosa positif

Berdasarkan Tabel 1, isolat bakteri menunjukkan pertumbuhan yang berbeda pada kedua media kultur. Pada Blood Agar Plate (BAP), koloni berwarna abu-abu keputihan/putih susu dengan bentuk bulat, permukaan halus, tepi rata, dan tidak menunjukkan hemolisis. Sementara itu, pada MacConkey Agar (MCA), koloni berwarna merah muda (merah bata), berbentuk bulat, dan menunjukkan karakteristik bakteri yang mampu memfermentasi laktosa.

Tabel 2. Hasil kultur bakteri pada media

No.	Kode Isolat	Media kultur	Karakteristik Koloni Bakteri (Warna, Bentuk, Permukaan)	Jumlah Pertumbuhan (+ / ++ / +++)	Interpretasi
1.	3699	Blood Agar Plate (BAP)	Putih susu, bulat, tepi rata, permukaan cembung	+++ (Sangat Banyak)	Menunjukkan pertumbuhan bakteri yg sangat baik pada media diperkaya.
2.	3699	MacConkey Agar (MCA)	Merah muda (merah bata), bulat	++ (Sedang)	Menunjukkan bakteri memfermentasi laktosa sehingga mengarah pada <i>Escherichia coli</i> .

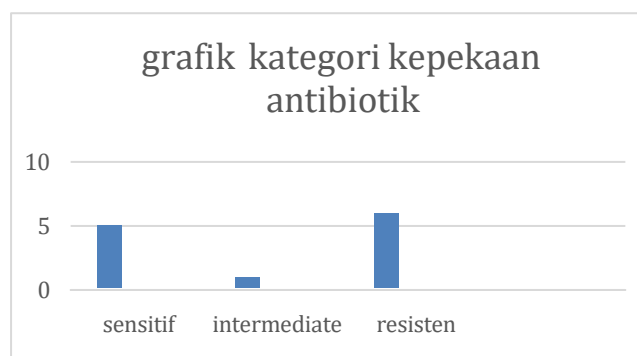
Tabel 2 menunjukkan bahwa isolat dengan kode 3699 mengalami pertumbuhan sangat banyak (+++) pada media Blood Agar Plate dan pertumbuhan sedang (++) pada media MacConkey Agar. Hasil kultur memperlihatkan bahwa isolat mampu tumbuh dengan baik pada kedua media yang digunakan.

Tabel 3. Hasil penentuan Kosentrasi Hambat Minimum (KHM)

Jenis antibiotik	Nilai MIC	Interprestasi	Jenis antibiotik	Nilai MIC	Interpretasi
Ampicillin	≥ 32	Resisten	Ertapenem	≤ 0.12	Sensitif
Ampicillin/sulbactam	16	Intermediet	Meropenem	≤ 0.25	Sensitif
Piperacillin/tazobactam	≤ 4	Sensitif	Gentamicin	≤ 1	Sensitif
Ceftazidime	≥ 32	Resisten	Ciprofloxacin	≥ 4	Resisten
Ceftriaxone	≥ 64	Resisten	Levofloxacin	≥ 8	Resisten
Cepefime	16	Resisten	Trimethoprim/ sulfamethoxazole	≤ 20	Sensitif

Hasil uji MIC menunjukkan bahwa isolat *Escherichia coli* memiliki respons yang berbeda terhadap antibiotik yang diuji. Dari dua belas antibiotik, lima antibiotik termasuk kategori sensitif, satu antibiotik termasuk kategori intermediet, dan enam antibiotik termasuk kategori resisten.

**Gambar 1.** Pertumbuhan koloni *Escherichia coli* pada media Blood Agar Plate (BAP)**Gambar 2.** Pertumbuhan koloni *Escherichia coli* pada media MacConkey Agar (MCA)**Gambar 3.** Hasil kultur mikrobiologi dan uji sensitivitas antibiotik



Grafik 1. Distribusi Kategori Kepekaan Antibiotik terhadap Isolat *Escherichia coli*

Berdasarkan Grafik 1, hasil uji kepekaan antibiotik terhadap isolat *Escherichia coli* menunjukkan variasi respons terhadap antibiotik yang diuji. Dari total 12 antibiotik, sebanyak 5 antibiotik termasuk dalam kategori sensitif (S), 1 antibiotik termasuk kategori intermediet (I), dan 6 antibiotik termasuk kategori resisten (R). Hasil tersebut menunjukkan bahwa isolat memiliki tingkat resistensi yang lebih tinggi dibandingkan tingkat sensitivitas terhadap antibiotik yang diuji

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat bakteri dari sampel sputum dapat dikultur dan selanjutnya digunakan untuk pengujian kepekaan antibiotik. Keberhasilan pertumbuhan isolat pada media kultur memungkinkan dilakukan pengamatan karakteristik koloni serta penentuan respons terhadap antibiotik yang diuji.³

Berdasarkan hasil pengamatan pada Blood Agar Plate (BAP), isolat *Escherichia coli* menunjukkan koloni berwarna putih susu, berbentuk bulat, tepi rata, permukaan cembung, dengan jumlah pertumbuhan (+++). Pertumbuhan yang sangat banyak terjadi karena Blood Agar merupakan media yang diperkaya sehingga mampu menyediakan nutrisi yang lengkap untuk mendukung pertumbuhan berbagai jenis bakteri. Akibatnya, karakteristik morfologi koloni dapat diamati dengan jelas dan mempermudah proses identifikasi awal isolat. Karakteristik morfologi koloni pada BAP dapat digunakan sebagai dasar identifikasi awal, tetapi tidak cukup untuk memastikan identitas spesies. Oleh karena itu, diperlukan pemeriksaan identifikasi lanjutan untuk mengonfirmasi bahwa isolat tersebut merupakan *Escherichia coli*.⁷

Pada media MacConkey Agar (MCA) diperoleh koloni berwarna merah muda (merah bata), berbentuk bulat, dengan jumlah pertumbuhan sedang (++). Warna merah muda muncul karena *Escherichia coli* mampu memfermentasi laktosa sehingga menghasilkan asam yang mengubah warna indikator pada media. Karakteristik tersebut mendukung dugaan awal bahwa isolat merupakan bakteri Gram-negatif pemfermentasi laktosa dan konsisten dengan karakteristik *Escherichia coli*. Meskipun demikian, karakteristik koloni pada MCA belum dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar untuk memastikan identitas spesies sehingga diperlukan uji identifikasi tambahan.⁷

Hasil uji kepekaan antibiotik menunjukkan bahwa isolat *Escherichia coli* memiliki respons yang bervariasi terhadap 12 antibiotik yang diuji. Berdasarkan hasil pengujian, sebanyak lima antibiotik

menunjukkan kategori sensitif, satu antibiotik menunjukkan kategori intermediet, dan enam antibiotik menunjukkan kategori resisten. Pola tersebut menunjukkan bahwa tingkat kepekaan isolat tidak seragam terhadap seluruh antibiotik yang diuji. Hasil ini mengindikasikan bahwa beberapa antibiotik masih memiliki aktivitas penghambatan terhadap isolat, sedangkan antibiotik lainnya menunjukkan tingkat kepekaan yang menurun atau tidak efektif berdasarkan hasil pemeriksaan. Interpretasi nilai Minimum Inhibitory Concentration (MIC) perlu dilakukan berdasarkan *breakpoint* dan sistem interpretasi yang digunakan oleh laboratorium agar kategori kepekaan dapat ditentukan secara tepat.⁸ Kategori intermediet perlu ditafsirkan sesuai dengan sistem interpretasi yang digunakan dan tidak dapat disamakan secara langsung dengan kategori sensitif maupun resisten.⁹

Sensitivitas terhadap Piperacillin/Tazobactam pada penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang serupa dengan beberapa penelitian yang melaporkan aktivitas kombinasi tersebut terhadap isolat *E. coli*, meskipun tingkat kepekaannya dapat berbeda antarwilayah dan sumber isolat.¹⁰ Respons intermediet terhadap Ampicillin/Sulbactam juga perlu ditafsirkan secara hati-hati karena pola kepekaan kombinasi tersebut dapat bervariasi pada populasi isolat yang berbeda.¹¹

Resistensi isolat *Escherichia coli* terhadap Ampicillin pada penelitian ini sejalan dengan hasil beberapa penelitian sebelumnya yang menunjukkan tingginya tingkat resistensi *E. coli* terhadap antibiotik tersebut. Dalam literature review oleh.¹² beberapa penelitian melaporkan tingkat resistensi Ampicillin yang berkisar antara 58,72% hingga 86%. Kesamaan hasil tersebut menunjukkan bahwa resistensi terhadap Ampicillin masih menjadi perhatian dalam pengobatan infeksi yang disebabkan oleh *E. coli*. Resistensi tersebut dapat berkaitan dengan produksi enzim β -laktamase, perubahan protein target, penurunan permeabilitas membran, atau peningkatan aktivitas pompa efluks. Namun, mekanisme resistensi spesifik pada isolat penelitian ini belum dapat dipastikan karena tidak dilakukan pemeriksaan molekuler.¹³

Resistensi isolat *Escherichia coli* terhadap Levofloxacin pada penelitian ini sejalan dengan hasil meta-analisis yang menunjukkan bahwa resistensi *E. coli* terhadap Levofloxacin lebih tinggi dibandingkan Fosfomycin. Kesamaan tersebut dapat menunjukkan adanya penurunan kepekaan *E. coli* terhadap antibiotik golongan fluorokuinolon. Namun, perbandingan hasil perlu dilakukan secara hati-hati karena penelitian terdahulu menggunakan kumpulan isolat dari kasus sistitis, sedangkan penelitian ini menggunakan satu isolat dari sampel sputum. Perbedaan sumber isolat, jumlah sampel, karakteristik pasien, dan pola penggunaan antibiotik dapat memengaruhi pola kepekaan yang diperoleh.¹⁴

Perbedaan hasil antara penelitian ini dan penelitian terdahulu dapat dipengaruhi oleh perbedaan sumber isolat, jumlah sampel, lokasi penelitian, karakteristik pasien, serta pola penggunaan antibiotik. Penggunaan antibiotik sebelumnya dan faktor genetik bakteri juga dapat berkontribusi terhadap munculnya resistensi melalui perubahan gen target atau perolehan gen resistensi (Unok & Mangawing, 2024). Namun, faktor yang paling berpengaruh pada isolat penelitian ini belum dapat ditentukan karena tidak dilakukan pemeriksaan molekuler maupun analisis riwayat penggunaan antibiotik.¹⁵

Secara klinis, hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya pemeriksaan kultur dan uji kepekaan

antibiotik dalam mendukung pemilihan terapi yang rasional. Penggunaan antibiotik tanpa mempertimbangkan hasil uji kepekaan dapat meningkatkan risiko penggunaan terapi yang kurang sesuai dan mendorong perkembangan resistensi (McInpharm et al., 2024). Sensitivitas terhadap Piperacillin/Tazobactam dan Gentamicin menunjukkan adanya aktivitas penghambatan terhadap isolat pada kondisi pengujian, sedangkan resistensi terhadap Ampicillin dan Levofloxacin menunjukkan perlunya kehati-hatian dalam penggunaan kedua antibiotik tersebut. Namun, hasil ini tidak dapat digunakan sebagai rekomendasi terapi umum karena hanya diperoleh dari satu isolat dan tidak mempertimbangkan kondisi klinis pasien.¹⁶

Kelebihan penelitian ini adalah penggunaan isolat klinis dari sampel sputum serta pengujian nilai MIC terhadap lima antibiotik dengan respons yang berbeda. Penggunaan media Blood Agar Plate dan MacConkey Agar mendukung karakterisasi awal isolat, sedangkan metode dilusi kaldu menghasilkan data MIC yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan tingkat kepekaan isolat terhadap antibiotik yang diuji.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian hanya menggunakan satu isolat *Escherichia coli* sehingga hasil yang diperoleh belum dapat menggambarkan pola kepekaan antibiotik pada populasi secara luas. Selain itu, penelitian belum melakukan pemeriksaan molekuler untuk mengidentifikasi mekanisme resistensi dan belum mempertimbangkan faktor klinis, seperti riwayat penggunaan antibiotik maupun kondisi pasien. Oleh karena itu, hasil penelitian perlu ditafsirkan sebagai gambaran awal respons satu isolat terhadap antibiotik yang diuji.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa isolat bakteri dari sampel sputum memiliki karakteristik pertumbuhan yang konsisten dengan *Escherichia coli* pada media *Blood Agar Plate* (BAP) dan *MacConkey Agar* (MCA). Hasil pengujian Minimum Inhibitory Concentration (MIC) terhadap 12 antibiotik menunjukkan adanya variasi tingkat kepekaan, yaitu lima antibiotik berkategori sensitif, satu antibiotik berkategori intermediet, dan enam antibiotik berkategori resisten. Hasil tersebut menunjukkan bahwa respons *Escherichia coli* terhadap antibiotik tidak seragam sehingga pemeriksaan kultur dan uji kepekaan antibiotik dapat memberikan informasi yang mendukung pemilihan antibiotik secara rasional. Namun, karena penelitian ini hanya menggunakan satu isolat, hasil yang diperoleh belum dapat menggambarkan pola kepekaan antibiotik *Escherichia coli* pada populasi secara luas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melibatkan jumlah isolat yang lebih banyak agar dapat memberikan gambaran pola kepekaan antibiotik yang lebih representatif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Putri CI, Wardhana MF, Andrifanie F, Iqbal M. Literature review: Kejadian resistensi pada penggunaan antibiotik. *Medula*. 2023;13(3):219–225.
2. Anggita D, Nuraisyah S, Wiriansya EP. Mekanisme kerja antibiotik. *UMI Medical Journal*. 2022;7(1):46–58. Govekar A, Gupta SS. Determination of minimum inhibitory concentration by broth dilution method: A review. *BTRA Scan*. 2022;51(2):11–16.
3. Ezzaky Y, Elmoslih A, Silva BN, Bonilla-Luque OM, Possas A, Valero A, et al. In vitro antimicrobial activity of extracts and essential oils of *Cinnamomum*, *Salvia*, and *Mentha* spp. against foodborne pathogens: A meta-analysis study. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023;22(6):4516–4536. doi:10.1111/1541-4337.13232.
4. Kahlmeter G, Turnidge J. Wild-type distributions of minimum inhibitory concentrations and epidemiological cut-off values—Laboratory and clinical utility. *Clinical Microbiology Reviews*. 2023;36(4):e00100-22. doi:10.1128/CMR.00100-22.
5. Gach MW, Lazarus G, Simadibrata DM, Sinto R, Saharman YR, Limato R, et al. Antimicrobial resistance among common bacterial pathogens in Indonesia: A systematic review. *The Lancet Regional Health – Southeast Asia*. 2024;26:100414. doi:10.1016/j.lansea.2024.100414.
6. Cecilia A, Putra AP, Teguh S, Hanasia, Pratiwi RA, Gracia KD, et al. Peran ATLM dalam pengembangan dan pelaksanaan teknik diagnostik *Helicobacter pylori*: Tinjauan literatur terhadap pemeriksaan mikrobiologi dan molekuler. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Diagnosis*. 2026;21(1):1–8.
7. Gajic I, Kabic J, Kekic D, Jovicevic M, Milenkovic M, Mitic Culafic D, et al. Antimicrobial susceptibility testing: A comprehensive review of currently used methods. *Antibiotics*. 2022;11(4):427. doi:10.3390/antibiotics11040427.
8. Yusuf E, Zeitlinger M, Meylan S. A narrative review of the intermediate category of the antimicrobial susceptibility test: Relation with dosing and possible impact on antimicrobial stewardship. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2023;78(2):338–345. doi:10.1093/jac/dkac413.
9. Tsai CH, Chen YC, Chen PY, Lai CC, Tang HJ, Chuang YC, et al. Antimicrobial susceptibility of *E. coli* isolates from intra-abdominal infections in the Asia-Pacific region: Trends in ciprofloxacin, ceftriaxone, cefepime, and piperacillin/tazobactam susceptibility. *Infection and Drug Resistance*. 2023;16:5599–5611. doi:10.2147/IDR.S422203.
10. Vallo S, Wirth P, Kukic A, Nafez O, Neagoe L, Nestler S, et al. Decreasing susceptibility of bacteria to ampicillin/sulbactam and third-generation cephalosporins in urinary tract infections. *Current Urology*. 2022;16(2):94–98. doi:10.1097/CU9.000000000000079.
11. Goleanu CD, Vrăncianu CO, Goleanu DA, Tantu MM, Csutak O. Trends in antibiotic resistance of *Escherichia coli* strains isolated from clinical samples (2019–2023): A hospital-based retrospective analysis. *Pathogens*. 2025;14(9):927. doi:10.3390/pathogens14090927.
12. Nasrollahian S, Graham JP, Halaji M. A review of the mechanisms that confer antibiotic resistance in pathotypes of *Escherichia coli*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2024;14:1387497. doi:10.3389/fcimb.2024.1387497.
13. Kasanga M, Shempela DM, Daka V, Mwikisa MJ, Sikalima J, Chanda D, et al. Antimicrobial resistance profiles of *Escherichia coli* isolated from clinical and environmental samples: Findings and implications. *JAC-Antimicrobial Resistance*. 2024;6(2):dlae061. doi:10.1093/jacamr/dlae061.
14. Unok W, Mangawing MS. Resistensi antibiotik terhadap infeksi saluran kemih (ISK): Literature review. *Jurnal Kolaboratif Sains*. 2024;7(5):1822–1828. doi:10.56338/jks.v7i5.5347.
15. Mclincharm DK, Freeman C, Falconer N. Clinical impact of antibiograms as an intervention to optimize antimicrobial prescribing and patient outcomes—A systematic review. *American Journal of Infection Control*. 2024;52(1):107–122. doi:10.1016/j.ajic.2023.08.013.