

Profile of Gram-Negative Bacteria Extended Spectrum Beta Lactamase Esbl in The *Caecum* of Broiler Chickens

I Nyoman Yudayana Indratama^{1*}, Rosyunita¹, Nurmi Hasbi¹, Metta Octora¹, Rifqi Rizqullah¹

¹Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History

Received : September 01th, 2025

Revised : September 09th, 2025

Accepted : September 25th, 2025

*Corresponding Author: I

Nyoman Yudayana Indratama,
Program Studi Pendidikan
Dokter, Fakultas Kedokteran dan
Ilmu Kesehatan, Universitas
Mataram, Mataram, Nusa
Tenggara Barat, Indonesia;
Email:

yudayanaindratama@gmail.com

Abstract: *Antimicrobial Resistance* (AMR) is a global problem that causes increased morbidity, mortality, and healthcare costs. AMR arises from the irrational use of antibiotics in medicine and agriculture. This study aims to determine the profile of Gram-negative ESBL bacteria living in the cecum of broiler chickens. This study is a descriptive exploratory study using 5 chicken cecum samples taken from the Pagesangan market in Mataram city. The obtained bacteria were calculated by placing them on Macconkey agar media to count bacterial colonies. The results of this study showed that 20.1% of bacteria in the chicken cecum could grow on Macconkey media mixed with cefotaxime. Meanwhile, on Macconkey media without cefotaxime, 79.9% were obtained. Based on macroscopic, microscopic, and biochemical characteristics, it was found that the gram-negative bacteria obtained were *Escherichia coli*. In sensitivity tests, it was found that the bacteria were resistant to tetracycline (100%) and ampicillin (100%), and 25% were resistant to chloramphenicol. The conclusion is that gram-negative bacteria found in the cecum of broiler chickens, such as *Escherichia coli*, are resistant to several antibiotics. These bacteria are resistant to cefotaxime (20.1%), chloramphenicol (25%), tetracycline (100%), and ampicillin (100%).

Keywords: Antibiotics, cecum, ESBL.

Pendahuluan

Antimicrobial Resistance (AMR) merupakan kemampuan mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan beberapa parasit untuk bertahan hidup dan multiplikasi meskipun terpapar agen antimikroba (Ventola, 2015). Kondisi AMR menjadi perhatian utama dalam kesehatan global karena menyebabkan peningkatan morbiditas, mortalitas, dan memerlukan biaya perawatan kesehatan yang mahal serta waktu perawatan yang lama. Fenomena ini dianggap sebagai masalah kesehatan global yang perlu diatasi oleh *World Health Organization* (WHO) Tahun 2050 diprediksi dengan adanya AMR dapat meningkatkan jumlah kematian sebanyak 10 juta orang per tahun. Jumlah ini bahkan melampaui kematian akibat penyakit lain seperti kanker dan penyakit jantung (Serna & Gonzalez-Zorn, 2022; Sun *et al.*, 2023). Beberapa bakteri Gram

negatif, dapat menghasilkan suatu enzim yang disebut *Extended-Spectrum Beta-Lactamase* (ESBL), seperti *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, dan *Klebsiella pneumoniae* (Anggraini *et al.*, 2018; Manandhar *et al.*, 2020).

Bakteri penghasil ESBL ini juga menjadi perhatian utama dalam dunia medis, dikarenakan tingginya tingkat resistensi terhadap antibiotik golongan beta laktam (Anggraini *et al.*, 2018). Hal tersebut berkontribusi dalam penyebaran AMR pada bakteri Gram negatif yang akan mempersulit pengendalian infeksi di rumah sakit (Manandhar *et al.*, 2020). Prevalensi bakteri penghasil ESBL pada *Escherichia coli* dan *Klebsiella pneumoniae* mencapai rata-rata di angka 65,2% di Indonesia (Anggraini *et al.*, 2018). Tingginya prevalensi ini, menimbulkan tantangan serius dalam penanganan infeksi, karena keterbatasan pilihan antibiotik yang efektif. Oleh sebab itu, perlu adanya deteksi

dini dan pelaporan keberadaan ESBL pada patogen bakteri. Hal ini juga penting untuk mengembangkan langkah-langkah pengendalian infeksi yang optimal di rumah sakit (Manandhar *et al.*, 2020).

Salah satu pendekatan penanganan yang dianjurkan WHO adalah pendekatan *One Health*. *One Health* merupakan suatu pendekatan dengan mempertimbangkan hubungan erat antara manusia, hewan, dan lingkungan. Studi yang dilakukan di Italia, membuktikan bahwa pendekatan *One Health* merupakan suatu penanganan efektif dalam melawan resistensi antimikroba karena kesehatan hewan dan manusia saling terkait (Iriti *et al.*, 2020). Pendekatan *One Health* juga mempertimbangkan berbagai aspek seperti ciri-ciri khusus pada bakteri Gram negatif serta resistensi antibiotiknya pada hewan-hewan, kelompok resiko, pilihan pengobatan, dan efektivitas dari strategi pencegahan yang ada (Exner *et al.*, 2017).

Hewan khususnya ayam, ditemukan bakteri Gram negatif yang memiliki tingkat resistensi yang tinggi terhadap berbagai jenis antimikroba yang sering digunakan dalam lingkungan klinis untuk pengobatan manusia. (Dávalos-Almeyda *et al.*, 2022). Bakteri-bakteri tersebut seperti *Campylobacter* sp. dan *Salmonella* spp. yang memiliki sifat resisten terhadap antibiotik golongan fluoroquinolones. Bakteri-bakteri tersebut berkumpul pada *caecum* ayam (Breijyeh *et al.*, 2020; Clavijo & Flórez, 2018). *Caecum* ayam merupakan bagian dari usus yang bekerja sebagai tempat utama fermentasi oleh mikroba pada usus ayam sehingga kaya akan populasi mikroba (Oakley *et al.*, 2014).

Kondisi anaerobik dan lingkungan yang kaya nutrisi dalam *caecum* membuat ekosistem yang ideal bagi pertumbuhan bakteri Gram negatif (Borda-Molina *et al.*, 2018). Dasarnya, infeksi bakteri dapat ditangani oleh sistem pertahanan tubuh ayam. Namun, secara perlahan, bakteri tersebut dapat menembus sistem pertahanan tersebut. Oleh karena itu, penggunaan antibiotik diperlukan sebagai penunjang (Yani *et al.*, 2022). Penggunaan antibiotik pada ayam cukup umum diberikan oleh para peternak ayam. Dampak penggunaan antibiotik tersebut, dapat memunculkan efek resistensi dari antimikroba (Dávalos-Almeyda *et al.*, 2022).

Ayam merupakan hewan yang sering kita jumpai dan dagingnya dikonsumsi dalam

kehidupan sehari-hari. Tingkat konsumsi ayam di NTB cukup tinggi. Berdasarkan NTB Satu data, tingkat konsumsi ayam di NTB yaitu sebanyak 6,30 kg/kapita/tahun. Data pusat statistik NTB menyebutkan produksi unggas khususnya ayam di kota Mataram pada tahun 2024 sebanyak 84.395 ekor per bulan Februari. Tingkat produksi dan konsumsi ayam yang tinggi, akan memberi dampak yang signifikan terhadap peningkatan faktor risiko AMR pada manusia (Van Boeckel *et al.*, 2015). Hal tersebut akan membuat penggunaan antibiotik dalam industri peternakan ayam meningkat, penyebaran bakteri resisten melalui rantai makanan, dan limbah peternakan ayam yang mengandung residu antibiotik dapat menjadi sumber infeksi bagi manusia dan hewan lainnya (CDC, 2019; WHO, 2017).

Pendekatan ini penting mengingat bahwa bakteri Gram negatif yang resisten terhadap antibiotik (AMR) dapat ditemukan pada manusia, hewan, maupun lingkungan. Mengacu pada permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan identifikasi profil bakteri Gram negatif ESBL yang ada pada *caecum* ayam pedaging. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam mencegah munculnya AMR serta mengurangi sifat resistensi bakteri yang ada pada ayam. Ini dapat dijadikan juga sebagai rekomendasi kepada pihak terkait mengenai keamanan pangan yang dikonsumsi oleh antibiotik.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di beberapa tempat yang berbeda, yaitu: Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Mataram sebagai tempat pengamatan makroskopis, mikroskopis, dan tempat pengujian biokimia, pewarnaan Gram serta melihat uji sensitivitas antibiotik. Laboratorium Riset Terpadu, Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Mataram sebagai tempat penggunaan autoklaf, inkubator, dan BSC dalam isolasi bakteri. Waktu penelitian dari bulan Februari 2024 sampai Juni 2025.

Desain penelitian

Penelitian ini adalah penelitian deskriptif eksploratif untuk mendeskripsikan atau menggambarkan suatu fenomena sehingga

dapat menggali sesuatu hal yang baru dan belum diketahui oleh khalayak umum. Penelitian ini didukung dengan pendekatan “One Health”. Pemilihan pendekatan ini karena salah satu ara dalam menangani resistensi antibiotik yang melibatkan faktor manusia, hewan, dan lingkungan serta rantai distribusi pangan pada suatu negara.

Subjek penelitian

Populasi penelitian yaitu *Caecum* ayam pedaging yang dijual di pasar tradisional kota Mataram. Sampel penelitian yaitu *Caecum* ayam pedaging yang dijual di pasar tradisional yang ada di kota Mataram yaitu Pasar Pagesangan berlokasi di Jalan Gajah Mada, Pagesangan, Kecamatan Kota Mataram.

Metode pemilihan sampel

Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada pasar yang dikunjungi. Pengambilan sampel *caecum* ayam pedaging diperoleh dari pasar tradisional yang ada di kota Mataram yaitu Pasar Pagesangan. Besar sampel yang diambil yaitu *caecum* dengan berat 1 gram pada 5 ayam yang didapatkan dari pasar yang dikunjungi. Kondisi sampel *caecum* ayam yang diperoleh yaitu masih segar dan dipotong pada saat itu juga di pasar. Sampel yang diperoleh disimpan dalam pot urin dan diletakkan pada *coolbox*. Pada hari yang sama, sampel langsung diteliti lebih lanjut pada laboratorium.

Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria inklusi dari sampel yang ingin diteliti yaitu ayam pedaging yang dijual di pasar kota Mataram haruslah masih segar dan belum dibersihkan agar mendapatkan bakteri yang masih tertinggal pada *caecum* ayam untuk diteliti lebih lanjut. Kriteria eksklusi dari sampel yang ingin diteliti yaitu ayam kampung yang dijual di pasar, ayam pedaging yang sudah dibersihkan *caecum*, dan ayam pedaging yang dijual di luar kota Mataram. Kriteria eksklusi dari bakteri yang diperoleh yaitu bakteri yang memiliki sifat gram positif.

Variabel penelitian

Variabel bebas pada penelitian ini adalah *caecum* ayam dan antibiotik yang diujikan. Variabel terikat yaitu jumlah koloni bakteri dari *caecum* ayam pada media *Macconkey agar* dan

diameter zona hambat dari bakteri pada medium *Mueller Hinton Agar*.

Hasil dan Pembahasan

Perbandingan Koloni Bakteri Total Plate Count Pada Media Macconkey Agar Dengan dan Tanpa Sefotaksim

Hasil TPC yang didapatkan dari bakteri yang tumbuh pada media *Macconkey agar* dengan ataupun tanpa sefotaksim sudah dapat terlihat adanya perbedaan (Tabel 1). Seluruh sampel pada media *Macconkey agar* dengan sefotaksim mendapatkan jumlah TPC lebih rendah dibandingkan dengan TPC pada media *Macconkey agar* tanpa sefotaksim yang menandakan beberapa bakteri masih sensitif terhadap sefotaksim dan juga beberapa memiliki sifat resisten. Pertumbuhan bakteri pada media *Macconkey agar* tanpa sefotaksim lebih banyak dibandingkan pada media *Macconkey agar* yang dicampurkan dengan sefotaksim.

Tabel 1. Perbandingan Perhitungan Koloni Bakteri Total Plate Count Bakteri Pada Media *Macconkey Agar*

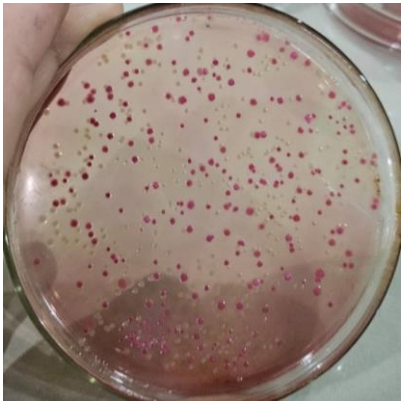
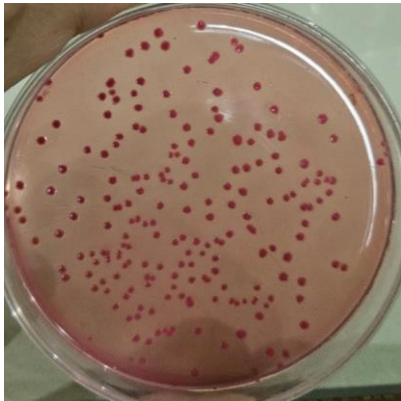
Sampel	TPC dengan sefotaksim (CFU/ml)	TPC tanpa sefotaksim (CFU/ml)
Sampel 1	$1,57 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$
Sampel 2	$1,6 \times 10^2$	$1,27 \times 10^4$
Sampel 3	$2,5 \times 10^2$	$4,3 \times 10^2$
Sampel 4	$6,1 \times 10^2$	$2,6 \times 10^3$
Sampel 5	$3,7 \times 10^2$	$1,59 \times 10^4$
Rata-Rata	$3,4 \times 10^3$	$1,35 \times 10^4$

Morfologi koloni bakteri resisten sefotaksim pada media Macconkey Agar

Hasil dari isolasi bakteri yang resisten sefotaksim didapatkan sebanyak 6 koloni pada media *Macconkey agar* yang sudah diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Hasil Isolasi bakteri didapatkan hanya menggunakan bakteri yang memiliki sifat resisten terhadap sefotaksim dan hanya mengisolasi bakteri-bakteri yang memiliki morfologi berbeda pada 1 sampel yang sama, sehingga didapatkan hanya 6 koloni secara total dari 5 sampel yang sudah dilakukan penumbuhan bakteri pada media *Macconkey agar*. Jenis koloni akan diberikan kode MCCTX dan untuk koloni yang berbeda pada sampel yang sama diberikan kode MCCTXK.

Tabel 2. Morfologi koloni bakteri resisten sefotaksim pada media *Macconkey agar*

Koloni Morfologi	MCCTX1	MCCTX2	MCCTX3		MCCTX4	MCCTX5
			MCCTX3K1	MCCTX3K2		
Ukuran	Kecil	Kecil	Kecil	Kecil	Kecil	Kecil
Warna	Merah	Kuning	Merah	Kuning	Merah	Merah
Bentuk	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat
Elevasi	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung	Cembung
Garis Tepi	Halus	Halus	Halus	Halus	Halus	Halus
Tekstur	Moist	Moist	Moist	Moist	Moist	Moist



Gambar 1. Makroskopis bakteri resisten sefotaksim pada media *Macconkey agar*

Karakteristik mikroskopis bakteri resisten sefotaksim

Hasil pemeriksaan mikroskopis dari bakteri resisten sefotaksim dilakukan dengan menggunakan metode pengecatan Gram dan dilakukan pengamatan dengan perbesaran 1000x pada bakteri yang sudah dilakukan pengecatan pada 6 koloni, didapatkan hasil pewarnaan Gram pada tabel 3. Hasil dari pengamatan mikroskopis pada 6 koloni

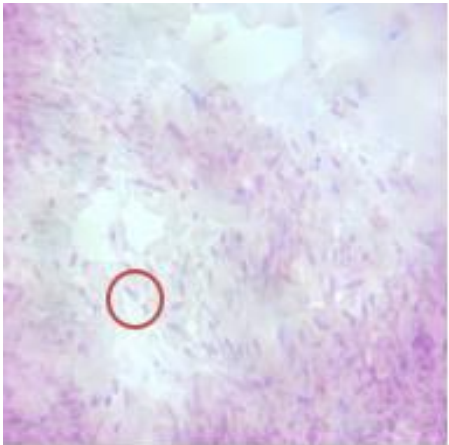
didapatkan adanya 2 koloni yaitu koloni MCCTX2 dan MCCTXK2 yang perlu dieksklusi karena memiliki hasil berupa bakteri Gram positif. Sehingga pada uji biokimia dan uji sensitivitas bakteri yang akan dilakukan hanya berfokus pada bakteri Gram negatif saja yaitu pada koloni MCCTX1, MCCTXK1, MCCTX4, MCCTX5 yang memiliki ciri- ciri bakteri Gram negatif saat pengecatan Gram.

Tabel 3. Morfologi mikroskopis bakteri resisten sefotaksim

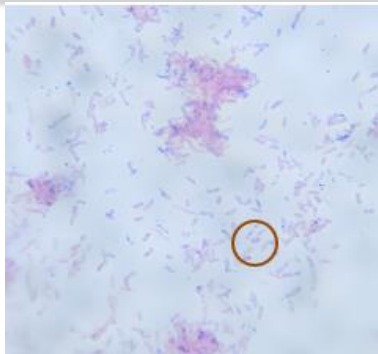
Koloni Karakteristik	MCCTX1	MCCTX2	MCCTX3		MCCTX4	MCCTX5
			MCCTX3K1	MCCTX3K2		
Gram	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Negatif



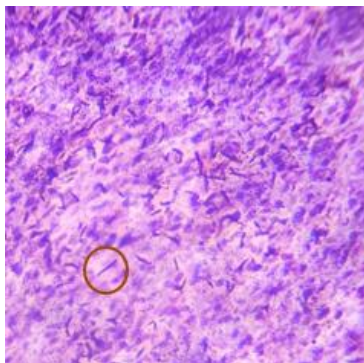
Gambar 2. Gambar hasil mikroskopis koloni MCCTX1 perbesaran 100x



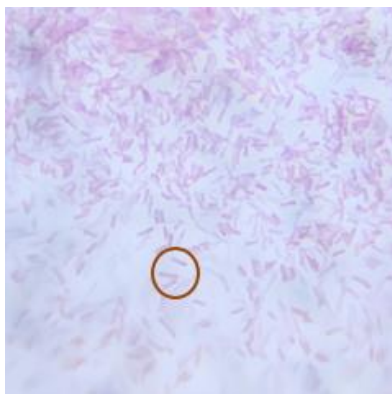
Gambar 3. Gambar hasil mikroskopis koloni MCCTX2 perbesaran 100x



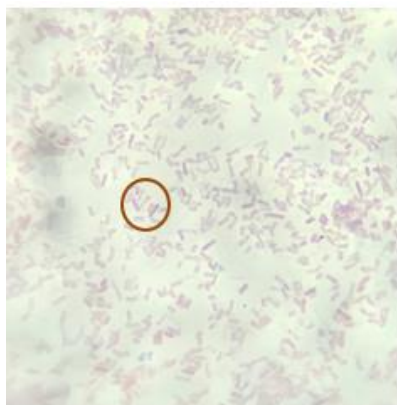
Gambar 4. Hasil mikroskopis koloni MCCTX3K1 perbesaran 100x



Gambar 5. Hasil mikroskopis koloni MCCTX3K2 perbesaran 100x



Gambar 6. Hasil mikroskopis koloni MCCTX4 perbesaran 100x



Gambar 7. Hasil mikroskopis koloni MCCTX5 perbesaran 100x

Uji biokimia bakteri gram negatif resisten sefotaksim

Hasil dari uji biokimia yang dilakukan pada 4 koloni didapatkan hasil yang sama. Uji VP didapatkan hasil uji negatif dengan tidak adanya cincin yang terbentuk pada media MRVP. Uji MR didapatkan hasil uji positif dengan adanya perubahan warna pada media MRVP menjadi merah. Uji sitrat didapatkan hasil yang negatif dengan tidak terlihat adanya perubahan warna pada media sitrat dari hijau menjadi biru. Uji indol didapatkan hasil uji positif dengan terbentuknya cincin merah pada bagian atas dari media SIM.

Tabel 4. Uji IMViC bakteri gram negatif resisten sefotaksim

Koloni	VP	MR	Sitrat	Indol
MCCTX1	-	+	-	+
MCCTX3K1	-	+	-	+
MCCTX4	-	+	-	+
MCCTX5	-	+	-	+

Uji Sensitivitas Antibiotik Bakteri Gram Negatif Resist Sefotaksim Pada Media Mueller Hinton Agar

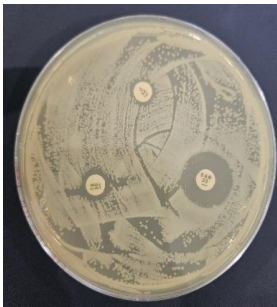
Hasil dari uji sensitivitas yang dilakukan pada 4 koloni dengan menggunakan 3 antibiotik yang berbeda, didapatkan bahwa antibiotik kloramfenikol memiliki diameter tertinggi sedangkan tetrasiklin memiliki diameter terkecil pada seluruh kolon. Akan tetapi, didapatkan bahwa koloni MCCTXK1 memiliki diameter yang kecil pada uji sensitivitas antibiotik kloramfenikol.

Tabel 5. Uji resistensi antibiotik bakteri gram negatif resisten sefotaksim pada Media MHA

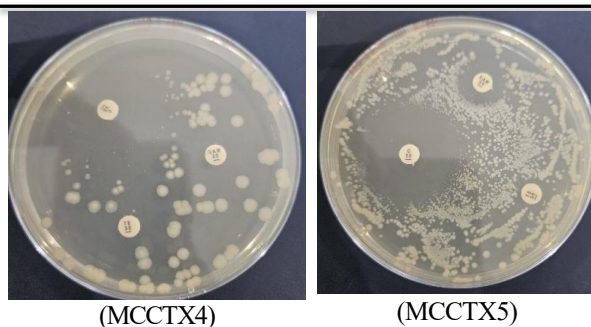
Koloni	Diameter Zona Hambat (mm)		
	Kloramfenikol	Tetrasiklin	Ampisilin
MCCTX1	30	3	11
MCCTX3K1	3	4	11
MCCTX4	30	6	12
MCCTX5	27	3	10



(MCCTX1)



(MCCTX3K1)



Gambar 8. Hasil uji sensitivitas bakteri Gram negatif resisten sefotaksim pada media MHA

Pembahasan

Total plate count bakteri pada media Macconkey agar dengan dan tanpa sefotaksim

Hasil dari total plate count yang didapatkan jumlah koloni tertinggi tanpa sefotaksim sebesar $3,6 \times 10^4$ CFU/ml, dengan rata-rata semua sampelnya didapatkan total plate count sebesar $1,35 \times 10^4$ CFU/ml. Sedangkan pada media yang tidak berisi kandungan sefotaksim didapatkan jumlah koloni tertinggi sebesar $1,57 \times 10^4$ CFU/ml, dengan rata-rata semua sampelnya didapatkan total plate count sebesar $3,4 \times 10^3$ CFU/ml. Perbedaan jumlah bakteri yang tumbuh pada media dengan sefotaksim dan tanpa sefotaksim disebabkan oleh beberapa bakteri yang sensitif terhadap antibiotik sefotaksim. Sehingga bakteri tidak dapat tumbuh pada media yang mengandung sefotaksim dan membuat pertumbuhan bakteri yang lebih rendah. Sedangkan bakteri yang dapat tumbuh pada media dengan sefotaksim memiliki sifat yang resisten terhadap sefotaksim sehingga dapat tumbuh pada media yang dicampurkan sefotaksim. Berdasarkan dari jumlah rata-rata koloni bakteri yang didapatkan pada media *Macconkey agar* dengan sefotaksim dan tanpa sefotaksim diperoleh prevalensi bakteri resisten antibiotik sefotaksim sebesar 20,1 %.

Angka ini mengindikasikan bahwa sebanyak 20,1% dari total bakteri yang didapatkan pada seluruh sampel dapat bertahan dan tumbuh meski diberikan antibiotik sefotaksim. Prevalensi bakteri yang sensitif terhadap antibiotik didapatkan angka sebesar 79,9%. Bakteri Gram negatif, seperti *Escherichia coli* dan *Klebsiella pneumoniae* sudah dikonfirmasi dapat memproduksi enzim ESBL yang membuat bakteri tersebut memiliki sifat resisten terhadap antibiotik golongan

cephalosporins seperti contohnya sefotaksim yang digunakan pada penelitian ini. Pada penelitian yang dilakukan di London tahun 2006 didapatkan bahwa dari 1.122 bakteri yang terkonfirmasi memiliki sifat resisten terhadap cephalosporin, 51,2% diantaranya merupakan bakteri *Escherichia coli* dan disusul oleh 21,7% merupakan bakteri *Klebsiella spp* (Potz *et al.*, 2006). Selain itu, pada penelitian yang dilakukan di Malaysia menunjukkan bahwa bakteri *Escherichia coli* memiliki tingkat resisten terhadap sefotaksim sebesar 25,4%.

Tingkat resistensi dari *Escherichia coli* terhadap sefotaksim merupakan yang tertinggi kedua dari berbagai antibiotik yang sudah diujikan dengan cefuroxime memiliki tingkat resisten tertinggi pada bakteri *Escherichia coli*. Sedangkan pada bakteri *Klebsiella pneumoniae* memiliki tingkat resisten yang sangat tinggi hingga mencapai 100% pada antibiotik golongan cephalosporin generasi kedua dan ketiga mencakupi antibiotik sefotaksim (Fazlul *et al.*, 2019). Berdasarkan data tersebut menjelaskan bahwa sifat resisten dari bakteri Gram negatif penghasil ESBL terhadap antibiotik golongan *cephalosporin* memiliki tingkat resisten yang tinggi sehingga menghasilkan angka prevalensi yang cukup signifikan pada bakteri Gram negatif dengan resisten ESBL.

Morfologi Makroskopis Bakteri Resist Sefotaksim Pada Media Macconkey Agar

Berdasarkan morfologi makroskopis dari 6 koloni yang didapatkan pada setiap sampel, bahwa 4 koloni memiliki sampel yang sama dan 2 koloni memiliki sampel yang berbeda. Berdasarkan warna dari koloni, bahwa koloni MCCTX1, MCTX3K1, MCCTX4, dan MCTX5, memiliki warna yang sama yaitu warna merah. Sedangkan pada koloni MCCTX2 dan MCCTX3K2 memiliki warna yang berbeda dibandingkan 4 koloni yang lain yaitu berwarna kuning. Perbedaan warna yang didapatkan pada media *Macconkey agar* menandakan bahwa bakteri dapat memfermentasi laktosa. Jika pertumbuhan koloni berwarna merah maka menandakan bahwa koloni tersebut dapat memfermentasikan laktosa dan juga memproduksi asam dari hasil fermentasi laktosa sehingga dapat dihasilkan warna merah apabila pH mencapai dibawah 6,8 (Ginting *et al.*, 2018). Sedangkan untuk pertumbuhan koloni berwarna kuning atau transparan menandakan bakteri tersebut tidak dapat memfermentasikan

laktosa seperti pada koloni MCCTX2 dan MCCTX3K2 (Ginting *et al.*, 2018).

Berdasarkan Tabel 2, morfologi dari koloni MCCTX2 dan MCCTX3K2 mengarah pada bakteri *Salmonella* spp. dengan didapatkan warnanya yang kuning dengan tepi halus berbentuk bulat dengan permukaan cembung halus (Kamel, 2015; Van Teeseling *et al.*, 2017) (Tabel 2). Sedangkan morfologi dari koloni MCCTX1, MCTX3K1, MCCTX4, dan MCTX5 mengarah pada bakteri *Escherichia coli* dengan warna yang merah muda tidak transparan berbentuk bulat dan permukaan yang cembung serta tampak tepi yang mengkilat (Kamel, 2015; van Teeseling *et al.*, 2017). Bakteri *Klebsiella pneumoniae* umumnya ditemukan adanya lendir di sekitar koloni yang disebabkan adanya produksi kapsul yang melimpah dan memiliki warna yang lebih transparan dibandingkan dengan bakteri *Escherichia coli* yang memiliki warna yang lebih pekat (Kamel, 2015). Sehingga koloni MCCTX1, MCTX3K1, MCCTX4, dan MCTX5 bukan merupakan bakteri *Klebsiella pneumoniae* melainkan bakteri *Escherichia coli*.

Karakteristik Mikroskopis Bakteri Resisten Sefotaksim

Pewarnaan yang didapatkan berdasarkan Tabel 3, menunjukkan bahwa koloni MCCTX2 dan MCCTX3K2 merupakan bakteri Gram positif didukung oleh warna dari bakteri saat dilakukannya pengamatan dibawah mikroskop yang menunjukkan warna ungu (Mohamad & Nor, 2019). Bakteri Gram positif dapat menghasilkan warna ungu setelah dilakukannya pengecatan Gram dikarenakan pada bakteri Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal sehingga akan mempertahankan warna ungu yang didapat dari kristal violet dan tidak akan luntur saat dekolorisasi dengan alkohol dikarenakan zat warna pada kristal violet (Madigan *et al.*, 2017; Mohamad & Nor, 2019). Sedangkan pada bakteri Gram negatif akan memunculkan warna merah atau merah muda dikarenakan lapisan peptidoglikan yang tipis dan kaya akan lipid sehingga menyebabkan pelepasan kompleks dari iodine dan kristal violet (Madigan *et al.*, 2017).

Maka warna merah dari bakteri Gram negatif didapatkan dari safranin pada saat pengecatan Gram dilakukan, seperti pada koloni MCCTX1, MCTX3K1, MCCTX4, dan MCTX5 yang menunjukkan warna merah saat pengamatan secara mikroskopis menandakan

bahwa empat koloni tersebut merupakan bakteri Gram negatif (Amin *et al.*, 2023; Madigan *et al.*, 2017). Setiap koloni menunjukkan bentuk yang sama yaitu batang, yang sesuai dengan karakteristik mikroskopis dari *Escherichia coli* pada 4 bakteri Gram negatif tersebut (Supriatin *et al.*, 2021; van Teeseling *et al.*, 2017). Bakteri gram negatif *Escherichia coli* banyak ditemukan pada saluran pencernaan dari ayam broiler. Seperti pada penelitian yang dilakukan (Putri *et al.*, 2024), ditemukan bakteri gram negatif *Escherichia coli* sebanyak 60% pada kloaka ayam yang diambil pada ayam broiler di Surabaya. Hasil penelitian yang dilakukan di Jawa Barat oleh (Rizal *et al.*, 2024) dan di Malaysia oleh (Suryadevara *et al.*, 2020) mendapatkan sebanyak 76% dan 82% dari sampel kloaka ayam merupakan bakteri *Escherichia coli*. Dikarenakan hasil pengecatan Gram yang menunjukkan bahwa koloni MCCTX2 dan MCCTX3K2 merupakan bakteri Gram positif, maka kedua koloni tersebut tidak diteliti lebih lanjut dan hanya berfokus pada 4 koloni dari bakteri Gram negatif untuk uji biokimia dan sensitivitas antibiotiknya.

Bakteri Gram positif umumnya tidak dapat tumbuh pada media *Macconkey Agar*. Media *Macconkey agar* merupakan media selektif yang dapat menumbuhkan bakteri Gram negatif dan mendiferensiasi bakteri berdasarkan kemampuannya untuk memfermentasikan laktosa (Supriatin *et al.*, 2021). Media ini mengandung garam empedu dan kristal violet yang dapat menghambat atau menghambat pertumbuhan dari bakteri Gram positif. Sehingga bakteri yang dapat tumbuh pada media ini berupa bakteri seperti *Enterobacter*, *Proteus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Aerobacter* dan *Enterococcus* (Supriatin *et al.*, 2021). Meski demikian, beberapa bakteri Gram positif tertentu dapat tumbuh pada media Macconkey agar jika konsentrasi komponen selektifnya tidak optimal seperti konsentrasi kristal violet atau garam empedu yang terlalu rendah. Maka hal tersebut yang dapat menumbuhkan bakteri Gram positif meskipun media Macconkey agar seharusnya mengambatnya (Fitria Helmiyati *et al.*, 2010; Rusli *et al.*, 2023). Seperti pada penelitian (Helmiyati *et al.*, 2010) menunjukkan bahwa konsentrasi agen dapat mempengaruhi pertumbuhan dari bakteri Gram positif.

Hasil penelitian (Rusli *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa konsentrasi media berpengaruh dalam tumbuhnya bakteri gram positif maupun negatif. Apabila bakteri Gram

positif seperti *Staphylococcus* dapat tumbuh pada media ini, maka akan menimbulkan warna kuning atau transparan pada morfologi secara makroskopisnya karena tidak dapat memfermentasikan laktosa (Cahyaningtyas *et al.*, 2024; Fitria Helmiyati *et al.*, 2010; Supriatin *et al.*, 2021). Selain itu, faktor cara pengerjaan dalam pengecatan Gram juga berpengaruh dalam timbulnya pembacaan bakteri gram positif pada media *Macconkey agar*. Pemberian reagen secara berlebih maupun kurang tepat akan mempengaruhi hasil dari pengecatan Gram yang akan menyebabkan bakteri gram negatif memiliki warna yang mirip dengan bakteri gram positif.

Uji Biokimia Bakteri Gram Negatif Resisten Sefotaksim

Berdasarkan Tabel 4, koloni MCCTX1, MCTX3K1, MCCTX4, dan MCCTX5 memiliki hasil uji voges proskauer yang negatif. Hal tersebut menandakan bahwa bakteri dari empat koloni tersebut tidak dapat menghasilkan produk akhir yang netral seperti aseton, dari fermentasi glukosa (Madigan *et al.*, 2017; Rahayu & Gumilar, 2017). Bakteri dengan hasil uji VP yang negatif didapatkan pada *Escherichia coli* dengan memfermentasikan karbohidrat menjadi produk asam dan tidak menghasilkan aseton (Kartikasari *et al.*, 2019; Rahayu & Gumilar, 2017). Sedangkan jenis bakteri yang mendapatkan hasil uji VP yang positif banyak ditemukan pada keluarga *Enterobacteriaceae* seperti *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., *Hafnia* spp., dan *Serratia* spp. karena mampu menghasilkan produk yang netral seperti aseton (Leber, 2016; Madigan *et al.*, 2017; Putra *et al.*, 2022). Maka dari itu, bakteri Gram negatif yang didapatkan pada 4 koloni tersebut mengarah pada *Escherichia coli*, bukan *Klebsiella pneumoniae* karena hasil ujinya yang negatif (Kartikasari *et al.*, 2019; Putra *et al.*, 2022).

Koloni MCCTX1, MCTX3K1, MCCTX4, dan MCCTX5 memiliki hasil uji *metil red* yang positif (Tabel 4). Hal tersebut menandakan bahwa bakteri pada empat koloni tersebut dapat menghasilkan asam kuat hingga menurunkan pH media dibawah 4,4 (Madigan *et al.*, 2017; Rahayu & Gumilar, 2017). Uji ini umumnya digunakan untuk mengidentifikasi bakteri *Escherichia coli* yang akan menghasilkan uji MR yang positif (Madigan *et al.*, 2017). Bakteri *Escherichia coli* mampu memfermentasikan glukosa menjadi asam kuat

dan merubah media MRVP menjadi warna merah sehingga menghasilkan hasil yang positif pada uji MR (Madigan *et al.*, 2017; Rahayu & Gumilar, 2017). Sedangkan jenis bakteri yang mendapatkan hasil uji *metil red* yang negatif dapat ditemukan pada spesies-spesies bakteri yang tidak menghasilkan asam yang kuat atau menghasilkan produk netral seperti pada bakteri *Klebsiella pneumoniae* (Leber, 2016; Madigan *et al.*, 2017; Putra *et al.*, 2022). Maka dari itu, bakteri Gram negatif yang didapatkan pada 4 koloni tersebut mengarah pada *Escherichia coli*, bukan *Klebsiella pneumoniae* karena hasil ujinya yang positif (Kartikasari *et al.*, 2019; Putra *et al.*, 2022).

Berdasarkan Tabel 4, koloni MCCTX1, MCTX3K1, MCCTX4, dan MCCTX5 memiliki hasil uji sitrat yang negatif. Hal tersebut menandakan bahwa bakteri yang ada pada empat koloni tersebut tidak dapat menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon (Madigan *et al.*, 2017). Uji ini umumnya digunakan untuk membedakan bakteri dalam genus *Enterobacter*, *Klebsiella*, dan *Citrobacter* yang akan menghasilkan hasil uji sitrat yang positif (Madigan *et al.*, 2017; Rahayu & Gumilar, 2017). Sedangkan bakteri yang menunjukkan hasil negatif pada uji sitrat yaitu terdapat pada bakteri *Escherichia coli* karena tidak dapat memanfaatkan sitrat sebagai sumber karbon (Kartikasari *et al.*, 2019). Penelitian ini, dengan hasil uji sitrat yang negatif pada empat koloni menandakan bakteri pada koloni mengarah pada *Escherichia coli*.

Berdasarkan Tabel 4, koloni MCCTX1, MCTX3K1, MCCTX4, dan MCCTX5 memiliki hasil uji indol yang positif. Hal tersebut menandakan bahwa bakteri yang ada pada empat koloni dapat memecah triptofan menjadi indol (Madigan *et al.*, 2017; Rifai, 2021). Uji ini sering digunakan untuk membedakan spesies dalam keluarga *Enterobacteriaceae*, khususnya dalam mengidentifikasi bakteri *Escherichia coli* yang akan menghasilkan hasil yang positif pada uji indol karena dapat memecah triptofan menjadi asam amino dan membentuk senyawa indol (Madigan *et al.*, 2017; Rifai, 2021). Sedangkan bakteri seperti *Klebsiella*, *Enterobacter*, dan *Serratia* akan menghasilkan hasil yang negatif pada uji indol (Rifai, 2021). Maka dengan hasil uji indol yang positif pada empat koloni, menegaskan bahwa bakteri pada koloni merupakan bakteri *Escherichia coli*.

Uji sensitivitas antibiotik bakteri Gram negatif resisten sefotaksim pada media *Mueller Hinton Agar*

Hasil uji resistensi antibiotik bakteri resisten antibiotik menggunakan antibiotik kloramfenikol mendapatkan hasil yang cukup berbeda-beda (Tabel 5). Koloni MCCTX3K2 yang memiliki diameter zona hambat yang sangat kecil dibandingkan dengan 3 koloni yang lain dengan diameter zona hambat di atas angka 25 mm. Tabel standar sensitivitas CLSI (2020), pada bakteri jenis *Enterobacterales* seperti *Escherichia coli* dan *Klebsiella* menunjukkan resisten terhadap kloramfenikol apabila didapatkan diameter zona hambat ≤ 12 mm dan jika mendapatkan hasil ≥ 18 mm maka dinyatakan sensitif terhadap antibiotik tersebut. Maka koloni MCCTX3K2 memiliki sifat resisten terhadap antibiotik kloramfenikol sedangkan koloni MCCTX1, MCCTX4, dan MCCTX5 tidak resisten terhadap antibiotik kloramfenikol. Pada penelitian yang dilakukan (Agustina & Izzati, 2024), persentase sensitivitas mikroba terhadap antibiotik kloramfenikol mencapai 62,5 %.

Akan tetapi, kloramfenikol merupakan antibiotik dengan tingkat resistensi paling kecil dibandingkan antibiotik yang diujikan pada *Escherichia coli* sehingga antibiotik ini dianggap masih efektif untuk pengobatan infeksi *Escherichia coli* (Nurjanah *et al.*, 2020). Mekanisme kerja dari kloramfenikol yaitu mempengaruhi proses sintesis protein dari bakteri dengan menghambat sintesis enzim peptidil transferase yang berperan sebagai katalisator untuk membentuk ikatan-ikatan peptida (Agustina & Izzati, 2024). Jika bakteri memiliki sifat resisten, maka bakteri tersebut dapat menghasilkan enzim kloramfenikol asetiltransferase yang dapat merusak aktivitas dari antibiotik kloramfenikol sehingga tidak mampu menghambat pertumbuhan mikroba (Agustina & Izzati, 2024).

Hasil uji resistensi antibiotik bakteri resisten menggunakan antibiotik tetrasiklin memiliki hasil yang seragam pada keempat koloni (Tabel 5.5). Pada keempat koloni mendapatkan hasil uji resisten terhadap antibiotik tetrasiklin dengan zona diameter hambat ≤ 11 mm. Mengikuti tabel standar sensitivitas CLSI (2020) pada bakteri *Enterobacterales*, empat koloni sudah termasuk kategori resisten terhadap antibiotik tetrasiklin, dengan diameter zona hambat pada tetrasiklin ≤ 11 mm menunjukkan resisten,

12-14 mm menunjukkan intermediet dan ≥ 15 mm menunjukkan sensitif. Hasil penelitian (Teddesse *et al.*, 2012 in Nurjanah *et al.*, 2020), menyatakan *Escherichia coli* merupakan bakteri yang resisten terhadap golongan antibiotik tetrasiklin. Bakteri *Escherichia coli* dilaporkan memiliki tingkat resistensi terhadap antibiotik seperti tetrasiklin sebesar 97,3% dan resistensi terendah pada kloramfenikol sebesar 10,8% yang didapatkan dari ayam pedaging di Jawa Barat (Nasya *et al.*, 2024).

Tetrasiklin bekerja sebagai bakteriostatik dengan menghambat sintesis protein dari bakteri dan mengikat subunit ribosom 30S (Nasya *et al.*, 2024). Resistensi yang terjadi pada tetrasiklin oleh bakteri *Escherichia coli* disebabkan oleh gen yang resisten. Terdapat 9 *efflux genes* tetrasiklin, 2 gen resisten yang mengkodekan protein proteksi ribosom, dan 1 gen pengkode oksidoreduktase. *Efflux genes* merupakan gen yang dapat memicu pengeluaran berbagai macam antibiotik disebabkan oleh spesifisitas poli-substratnya dan menurunkan konsentrasi antibiotik intraseluler hingga mendorong akumulasi mutasi (Nasya *et al.*, 2024). Salah satu faktor timbulnya resistensi tersebut yakni penggunaan tetrasiklin yang banyak digunakan dalam terapi dan efisiensi pakan ternak dalam sistem produksi hewan yang sudah disetujui pada tahun 1948 (Nurjanah *et al.*, 2020). Selain itu, tetrasiklin merupakan salah satu antibiotik yang paling banyak digunakan di kalangan masyarakat Indonesia sehingga menyebabkan resistensi banyak terjadi (Isnaeni, 2024; Nurjanah *et al.*, 2020).

Hasil uji resistensi antibiotik menggunakan ampicilin pada koloni MCCTX1, MCCTX3K1, MCCTX4, dan MCCTX5 mendapatkan hasil yang seragam yaitu dengan diameter zona hambat ≤ 13 mm (Tabel 5). Berdasarkan Tabel standar sensitivitas CLSI (2020) pada bakteri *Enterobacterales*, diameter zona hambat ≤ 13 mm menandakan bahwa bakteri memiliki sifat resisten terhadap antibiotik jenis ampicilin. Sedangkan antibiotik bersifat resisten apabila bakteri menghasilkan diameter zona hambat ≥ 17 mm. Hal tersebut menandakan bahwa empat koloni yang didapatkan pada penelitian ini memiliki sifat yang resisten terhadap antibiotik ampicilin. Ampicilin merupakan antibiotik golongan penisilin dan merupakan antibiotik beta laktam (Nurjanah *et al.*, 2020). Bakteri Gram negatif yang memiliki enzim beta laktamase dapat menginaktivasi antibiotik betalaktam seperti

ampisilin (Nurjanah *et al.*, 2020). Bakteri Gram negatif dari keluarga Enterobacteriaceae seperti *Escherichia coli* diketahui memiliki sifat resisten terhadap ampisilin disebabkan oleh enzim beta laktamase yang dihasilkannya (Nurjanah *et al.*, 2020).

Bakteri yang memproduksi beta laktamase akan menghancurkan beta laktam pada antibiotik yang menjadi penyebab utama terjadinya resistensi dan akan memecah struktur antibiotik menyebabkan resistensi antibiotik (Indana *et al.*, 2020; Nurjanah *et al.*, 2020). Spesifiknya beta laktamase akan membuka cincin beta laktam dan merubah struktur dari obat serta menghalangi ikatan *penicillin binding protein* (PBPs) (Indana *et al.*, 2020; Nurjanah *et al.*, 2020). Mekanisme resistensi terhadap ampisilin yang berhubungan dengan permeabilitas membran, yaitu terjadinya mutasi terluar yang umumnya disandi secara kromosomal sehingga lebih stabil dibandingkan dengan sifat resistensi yang disandi oleh gen pada plasmid (Nurjanah *et al.*, 2020). Hasil penelitian (Indana *et al.*, 2020) didapatkan seluruh bakteri *Escherichia coli* yang diujikan memiliki sifat yang resisten terhadap ampisilin (100%) dan pada penelitian (Sukertiasih *et al.*, 2021) *Escherichia coli* memiliki resistensi tertinggi pada antibiotik ampisilin (90,27%).

Kesimpulan

Hasil identifikasi profil bakteri Gram negatif ESBL yang ada pada *caecum* ayam pedaging didapatkan beberapa kesimpulan bahwa perbandingan bakteri ESBL resisten antibiotik sefotaksim sebesar 20,1% mengindikasikan total bakteri pada seluruh sampel dapat bertahan dan tumbuh meskipun diberikan antibiotik sefotaksim. Hasil dari isolasi bakteri ESBL resisten antibiotik sefotaksim mendapatkan 6 koloni dengan hasil morfologi makroskopis yang berbeda. Hasil dari uji pewarnaan Gram pada bakteri ESBL resisten antibiotik sefotaksim memiliki karakteristik mikroskopis yang berbeda. Hasil uji sensitivitas antibiotik bakteri Gram negatif ESBL resisten sefotaksim didapatkan empat bakteri memiliki sifat yang resisten terhadap antibiotik tetrasiklin dan ampisilin. Sedangkan untuk antibiotik kloramfenikol memiliki persentase tingkat resisten hanya sebesar 25% dari empat koloni bakteri.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih peneliti ucapkan kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Referensi

- Agustina, H., & Izzati, N. (2024). Identifikasi dan Uji Resistensi Mikroba Terhadap Antibiotik Chloramphenicol di Sungai Brang Biji Sumbawa. *Journal of Tropical Bioresources and Biotechnology*, 1(1), 17–20.
- Akram, F., Imtiaz, M., & Haq, I. ul. (2023). Emergent crisis of antibiotic resistance: A silent pandemic threat to 21st century. *Microbial Pathogenesis*, 174, 105923. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105923>
- Amin, S. S., Ghazali, T. Z., & Efendi, M. R. S. (2023). Identifikasi Bakteri dari Telapak Tangan dengan Pewarnaan Gram Identification of Bacteria from Palms with Gram Stain. *Chemviro: Jurnal Kimia Dan Ilmu Lingkungan*, 1(1), 30–35.
- Anggraini, D., Sholihin, U. H., Savira, M., Djojusugito, F. A., Irawan, D., & Rustam, R. P. (2018). Prevalensi dan Pola Sensitivitas Enterobacteriaceae Penghasil ESBL di RSUD Arifin Achmad Pekanbaru. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*, 47–52. <https://doi.org/10.21776/ub.jkb.2018.030.01.9>
- Borda-Molina, D., Seifert, J., & Camarinha-Silva, A. (2018). Current Perspectives of the Chicken Gastrointestinal Tract and Its Microbiome. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.03.002>
- Breijyeh, Z., Jubeh, B., & Karaman, R. (2020). Resistance of Gram-Negative Bacteria to Current Antibacterial Agents and Approaches to Resolve It. *Molecules*, 25(6), 1340. <https://doi.org/10.3390/molecules25061340>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2019). *Antibiotic Resistance Threats in the United States*. <https://www.cdc.gov/drugresistance>
- Clavijo, V., & Flórez, M. J. V. (2018). The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens

- in broiler chicken production: A review. *Poultry Science*, 97(3), 1006–1021. <https://doi.org/10.3382/ps/pex359>
- CLSI. (2020). *M100: Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing* (30th ed.).
- Dávalos-Almeyda, M., Guerrero, A., Medina, G., Dávila-Barclay, A., Salvatierra, G., Calderón, M., Gilman, R. H., & Tsukayama, P. (2022). Antibiotic Use and Resistance Knowledge Assessment of Personnel on Chicken Farms with High Levels of Antimicrobial Resistance: A Cross-Sectional Survey in Ica, Peru. *Antibiotics*, 11(2), 190. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11020190>
- Cahyaningtyas, D. E., Gaina, C. D., & Tangkonda, E. (2024). Isolasi dan identifikasi bakteri *Escherichia coli*, *Klebsiella* sp., dan *Staphylococcus aureus* pada ambing dan susu kambing peranakan etawa. *Jurnal Veteriner Nusantara*, 7(1), 41-52.
- Exner, M., Bhattacharya, S., Christiansen, B., Gebel, J., Goroncy-Bermes, P., Hartemann, P., Heeg, P., Ilschner, C., Kramer, A., Larson, E., Merckens, W., Mielke, M., Oltmanns, P., Ross, B., Rotter, M., Schmithausen, R. M., Sonntag, H.-G., & Trautmann, M. (2017). Antibiotic resistance: What is so special about multidrug-resistant Gram-negative bacteria? *GMS Hygiene and Infection Control*, 12, Doc05. <https://doi.org/10.3205/dgkh000290>
- Fazlul, M., Shah, S. R., Nazmul, M., Zaidul, I. S. M., Roesnita, B., & Aizi, N. M. R. (2019). A clinical update on Antibiotic Resistance Gram-negative bacteria in Malaysia-a review. *Journal of International Pharmaceutical Research*, 45, 270–283.
- Helmiyati, F. A., Nurrahman, D., Studi, P., Fakultas, G., Keperawatan, I., & Kesehatan, D. (2010). Pengaruh Konsentrasi Tawas Terhadap Pertumbuhan Bakteri Gram Positif Dan Negatif (The Growth of Positive and Negative Gram Bacteria Under a Variety of Alum Concentrations). In *Jurnal Pangan Dan Gizi* (Vol. 01, Issue 01). <http://jurnal.unimus.ac.id>
- Indana, K., Helmi Effendi, M., & Soeharsono. (2020). Uji resistensi Antibiotik Ampicillin Pada Bakteri *Escherichia Coli* Yang di Isolasi Dari Beberapa Peternakan di Surabaya. *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis*, 3(1), 37–43.
- Iriti, M., Vitalini, S., & Varoni, E. M. (2020). Humans, Animals, Food and Environment: One Health Approach against Global Antimicrobial Resistance. *Antibiotics*, 9(6), 346. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9060346>
- Isnaeni, M. (2024). Identifikasi dan Uji Resistensi Antibiotik Tetrasiklin dan Streptomisin Terhadap Bakteri *E.Coli* Pada Swab Anus Kucing Liar.
- Kamel, F. H. & Jarjes, S. F. (2015). Essentials of Bacteriology and Immunology. *Erbil polytechnic university*. <https://www.researchgate.net/publication/290911856>
- Kanj, S. S., Bassetti, M., Kiratisin, P., Rodrigues, C., Villegas, M. V., Yu, Y., & van Duin, D. (2022). Clinical data from studies involving novel antibiotics to treat multidrug-resistant Gram-negative bacterial infections. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 60(3), 106633. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2022.106633>
- Kartikasari, A. M., Hamid, I. S., Purnama, M. T. E., Damayanti, R., Fikri, F., & Praja, R. N. (2019). Isolasi dan identifikasi bakteri *Escherichia coli* kontaminan pada daging ayam broiler di rumah potong ayam Kabupaten Lamongan. *Jurnal Medik Veteriner*, 2(1), 66–71.
- Laxminarayan, R., Duse, A., Wattal, C., Zaidi, A. K. M., Wertheim, H. F. L., Sumpradit, N., Vlieghe, E., Hara, G. L., Gould, I. M., Goossens, H., Greko, C., So, A. D., Bigdeli, M., Tomson, G., Woodhouse, W., Ombaka, E., Peralta, A. Q., Qamar, F. N., Mir, F., ... Cars, O. (2013). Antibiotic resistance—the need for global solutions. *The Lancet Infectious Diseases*, 13(12), 1057–1098. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(13\)70318-9](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(13)70318-9)
- Leber. (2016). *Clinical Microbiology Procedures Handbook* (A. L. Leber, Ed.; 4th ed.). ASM Press. <https://doi.org/10.1128/9781555818814>
- Madigan, M., Bender, K., Buckley, D., Sattley, W., & Stahl, D. (2017). *Brock Biology of Microorganisms*. Pearson.

- Manandhar, S., Zellweger, R. M., Maharjan, N., Dongol, S., Prajapati, K. G., Thwaites, G., Basnyat, B., Dixit, S. M., Baker, S., & Karkey, A. (2020). A high prevalence of multi-drug resistant Gram-negative bacilli in a Nepali tertiary care hospital and associated widespread distribution of Extended-Spectrum Beta-Lactamase (ESBL) and carbapenemase-encoding genes. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 19(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s12941-020-00390-y>
- Mohamad, K. R., & Nor, M. N. M. (2019). Screening and Isolation of Effective Microbes for Decomposition Process among Different Organic Waste. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(4), 6740–6744. <https://doi.org/10.35940/ijrte.D5215.118419>
- Nasyna, F., Balia, R. L., & Putranto, W. S. (2024). Isolasi, Identifikasi, dan Uji Resistensi Escherichia coli Terhadap Antibiotik Di Peternakan Ayam Pedaging Ujung Berung 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>
- Nurjanah, G. S., Cahyadi, A. I., & Windria, S. (2020). Escherichia Coli Resistance to Various Kinds of Antibiotics in Animals and Humans: A Literature Study. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9(6), 970–983. <https://doi.org/10.19087/imv.2020.9.6.970>
- Oakley, B. B., Lillehoj, H. S., Kogut, M. H., Kim, W. K., Maurer, J. J., Pedroso, A., Lee, M. D., Collett, S. R., Johnson, T. J., & Cox, N. A. (2014). The chicken gastrointestinal microbiome. *FEMS Microbiology Letters*, 360(2), 100–112. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12608>
- Potz, N. A. C., Hope, R., Warner, M., Johnson, A. P., & Livermore, D. A. (2006). Prevalence and mechanisms of cephalosporin resistance in Enterobacteriaceae in London and South-East England. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 58(2), 320–326. <https://doi.org/10.1093/jac/dkl217>
- Putra, M. D. D., Suarjana, I. G. K., & Gelgel, K. T. P. (2022). Isolasi dan Identifikasi Klebsiella sp. Pada Anjing Kintamani Diare. *Buletin Veteriner Udayana*, 377. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2023.v15.i03.p05>
- Putri, M. F. R., Khairullah, A. R., Effendi, M. H., Wibisono, F. J., Hasib, A., Moses, I. B., Fauziah, I., Kusala, M. K. J., Raissa, R., & Yanestria, S. M. (2024). Detection of the CTX-M Gene Associated with Extended-Spectrum β -Lactamase (ESBL) in Broiler Chickens in Surabaya Traditional Markets. *Jurnal Medik Veteriner*, 7(2), 320–334. <https://doi.org/10.20473/jmv.vol7.iss2.2024.320-334>
- 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.
- Rifai, K. R. (2021). Uji Indole sebagai Kegiatan Penjaminan Mutu Tambahan pada Hasil Pengujian Coliform dalam Sampel Air Mineral. *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, 6(1).
- Rizal, S., Nurhapsari, I., Fauziah, I., Masrukhin, M., & Jatmiko, Y. D. (2024). Prevalence of multidrug-resistant and extended-spectrum β -lactamase producing Escherichia coli from local and broiler chickens at Cibirong market, West Java, Indonesia. *Veterinary World*, 17(1), 179–184. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.179-184>
- Rusli, Asni Amin, & Aqila Alviola Bani. (2023). Pengaruh Variasi Konsentrasi Medium Pertumbuhan Dan Identifikasi Bakteri Pembentuk Biofilm Oral. *Al-Iqra Medical Journal*, 6(2), 16–23.
- Sanders, E. R. (2012). Aseptic Laboratory Techniques: Plating Methods. *Journal of Visualized Experiments*, 63. <https://doi.org/10.3791/3064-v>
- Serna, C., & Gonzalez-Zorn, B. (2022). Antimicrobial resistance and One Health. *Revista Española de Quimioterapia*, 35(Suppl3), 37–40. <https://doi.org/10.37201/req/s03.09.2022>
- Sukertiasih, N. K., Megawati, F., Meriyani, H., & Sanjaya, D. A. (2021). Studi Retrospektif Gambaran Resistensi Bakteri

- terhadap Antibiotik. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 7(2), 108–111. <https://doi.org/10.36733/medicamento.v7i2.2177>
- Sun, J., Qiao, Y., Zhao, M., Magnussen, C. G., & Xi, B. (2023). Global, regional, and national burden of cardiovascular diseases in youths and young adults aged 15–39 years in 204 countries/territories, 1990–2019: a systematic analysis of Global Burden of Disease Study 2019. *BMC Medicine*, 21(1), 222. <https://doi.org/10.1186/s12916-023-02925-4>
- Supriatin, Y., Sumirat, V. A., & Herdiani, M. (2021). Growth Analysis of *Escherichia coli* and *Salmonella typhi* on MacConkey Agar Modification. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012207>
- Ginting, S. T. M., Helmi, T. Z., Darmawi, D., Dewi, M., Erina, E., Daud, R., & Hennivanda, H. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Gram Negatif Pada Kambing Peternakan Etawa (PE). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 2(3), 351–360.
- Van Boeckel, T. P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B. T., Levin, S. A., Robinson, T. P., Teillant, A., & Laxminarayan, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18), 5649–5654. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503141112>
- Van Teeseling, M. C. F., de Pedro, M. A., & Cava, F. (2017). Determinants of Bacterial Morphology: From Fundamentals to Possibilities for Antimicrobial Targeting. *Frontiers in Microbiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01264>
- Ventola, C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *P & T: A Peer-Reviewed Journal for Formulary Management*, 40(4), 277–283.
- World Health Organization. (2017). *WHO publishes list of bacteria for which new antibiotics are urgently needed*. <https://www.who.int/news/item/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>
- Yani, N., Taha, S. R., Nugroho, T. A. E., & Zainudin, S. (2022). Uji residu antibiotik pada daging ayam broiler yang dijual di pasar modern. *Gorontalo Journal of Equatorial Animals*, 1(2), 45–50.