

**STUDI GENOMIK RESISTANSI ANTIMIKROB
TERHADAP *Escherichia coli* PADA *INTERFACE* MANUSIA,
HEWAN, DAN LINGKUNGAN DALAM EKOSISTEM
TEMPAT PEMOTONGAN BABI DI PROVINSI BANTEN**

DINDA IRYAWATI BEDY SASKITO



**PROGRAM STUDI ILMU BIOMEDIS HEWAN
PEMINATAN KESEHATAN MASYARAKAT VETERINER
SEKOLAH KEDOKTERAN HEWAN DAN BIOMEDIS
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini Saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Studi Genomik Resistansi Antimikrob terhadap *Escherichia coli* pada *Interface* Manusia, Hewan, dan Lingkungan dalam Ekosistem Tempat Pemotongan Babi di Provinsi Banten” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini Saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis Saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Dinda Iryawati Bedy Saskito
B3601231002

RINGKASAN

DINDA IRYAWATI BEDY SASKITO. Studi Genomik Resistansi Antimikrob terhadap *Escherichia coli* pada *Interface* Manusia, Hewan, dan Lingkungan dalam Ekosistem Tempat Pemotongan Babi di Provinsi Banten. Dibimbing oleh HADRI LATIF, SRIHADI AGUNGPRIYONO, dan CHAERUL BASRI.

Resistansi antimikrob (AMR) merupakan ancaman kesehatan global yang melibatkan manusia, hewan, dan lingkungan. Bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) menjadi indikator penting untuk surveilans AMR dalam kerangka *One Health*, karena kemampuannya membawa dan mempertahankan berbagai gen resistansi antimikrob (ARG). Tempat pemotongan babi (TPB) merupakan ekosistem dengan interaksi manusia-hewan-lingkungan yang intensif sehingga berpotensi berperan dalam dinamika AMR. Penelitian ini bertujuan mengkaji profil ARG, distribusi lokasi gen resistansi, kekerabatan filogenetik, serta keterkaitan antara resistom dan filogenom *E. coli* pada ekosistem TPB di Provinsi Banten menggunakan pendekatan *whole-genome sequencing* (WGS).

Penelitian diawali dengan tinjauan sistematis terhadap 3.550 artikel, yang menghasilkan 13 studi memenuhi kriteria inklusi. Hasil sintesis menunjukkan bahwa ampicilin merupakan antimikrob dengan resistansi fenotipik tertinggi, sedangkan gen *blaTEM* dan *sulI* ditemukan secara konsisten pada seluruh studi. Sementara itu, penelitian yang dilakukan pada ekosistem TPB di Provinsi Banten menunjukkan bahwa analisis terhadap 94 isolat *E. coli* manusia mengidentifikasi 30 ARG dari 10 kelas antimikrob, dengan variasi terbanyak berasal dari kelompok beta-laktam dan didominasi oleh gen *blaEC*.

Analisis filogenetik terhadap 114 genom *E. coli* yang berasal dari manusia, rantai TPB, dan efluen TPB menunjukkan adanya kedekatan kekerabatan genetik pada sebagian isolat dari sumber yang berbeda. Selain informasi kekerabatan genetik, analisis genomik juga memberikan gambaran mengenai distribusi ARG dalam ekosistem TPB. Sebanyak 42 ARG yang tergolong dalam 12 kelas antimikrob, dengan tujuh kelas antimikrob ditemukan beririsan antar sumber. Integrasi data filogenetik dan profil ARG menunjukkan bahwa beberapa isolat yang berkerabat dekat memiliki profil ARG yang serupa.

Karakterisasi lokasi ARG menunjukkan pola yang berbeda antar sumber. Pada isolat manusia, ARG lebih banyak ditemukan pada kromosom, sedangkan pada isolat rantai TPB dan efluen TPB ARG lebih dominan berada pada plasmid. Temuan ini menunjukkan adanya perbedaan karakteristik keberadaan ARG pada masing-masing kompartemen dalam ekosistem TPB. Sejalan dengan temuan tersebut, potensi *multidrug resistance* (MDR) tertinggi ditemukan pada isolat rantai TPB (90%), diikuti efluen TPB (40%) dan manusia (12,8%).

Penelitian ini menunjukkan integrasi informasi genomik dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika AMR pada ekosistem TPB. Hasil tersebut menegaskan pentingnya penguatan surveilans genomik dan pengendalian AMR melalui pendekatan *One Health* yang didukung oleh komunikasi, kolaborasi, koordinasi, dan penguatan kapasitas lintas sektor.

Kata kunci: AMR, *Escherichia coli*, *One Health*, tempat pemotongan babi, *whole-genome sequencing*

SUMMARY

DINDA IRYAWATI BEDY SASKITO. Genomic Study of Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli* at the Human–Animal–Environment Interface within the Pig Slaughterhouse Ecosystem in Banten Province, Indonesia. Under the Supervision of HADRI LATIF, SRIHADI AGUNGPRIYONO, and CHAERUL BASRI.

Antimicrobial resistance (AMR) is a global health threat involving humans, animals, and the environment. *Escherichia coli* (*E. coli*) serves as an important indicator organism for AMR surveillance within the One Health framework due to its ability to acquire and maintain diverse antimicrobial resistance genes (ARGs). Pig slaughterhouses represent ecosystems characterized by intensive human–animal–environment interactions and may contribute to the dynamics of AMR. This study aimed to investigate ARG profiles, the genomic locations of resistance genes, phylogenetic relationships, and the association between the resistome and phylogenomics of *E. coli* within pig slaughterhouse ecosystems in Banten Province using a whole-genome sequencing (WGS) approach.

The study began with a systematic review of 3,550 articles, of which 13 met the inclusion criteria. The synthesis revealed that ampicillin showed the highest phenotypic resistance, while the *blaTEM* and *sul1* genes were consistently identified across all studies. Analysis of 94 human-derived *E. coli* isolates from the pig slaughterhouse ecosystem identified 30 ARGs belonging to 10 antimicrobial classes, with the greatest diversity observed among beta-lactam resistance genes and predominantly represented by *blaEC*.

Phylogenetic analysis of 114 *E. coli* genomes from humans, slaughterhouse floors, and slaughterhouse effluents revealed close genetic relatedness among some isolates from different sources. A total of 42 ARGs belonging to 12 antimicrobial classes were identified, with seven classes shared across sources. Integration of phylogenetic and resistome data showed that several closely related isolates exhibited similar ARG profiles.

Characterization of ARG genomic locations revealed distinct patterns among sources. ARGs were predominantly chromosome-associated in human isolates, whereas plasmid-associated ARGs were more common in slaughterhouse floor and effluent isolates. Consistent with these findings, the highest potential for multidrug resistance (MDR) was observed in slaughterhouse floor isolates (90%), followed by effluent isolates (40%) and human isolates (12.8%).

This study demonstrates that integrating genomic information provides a more comprehensive understanding of AMR dynamics within pig slaughterhouse ecosystems. The findings highlight the importance of strengthening genomic surveillance and AMR control through a One Health approach supported by communication, collaboration, coordination, and cross-sectoral capacity building.

Keywords: AMR, *Escherichia coli*, One Health, pig slaughterhouses, whole-genome sequencing

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

**STUDI GENOMIK RESISTANSI ANTIMIKROB
TERHADAP *Escherichia coli* PADA *INTERFACE* MANUSIA,
HEWAN, DAN LINGKUNGAN DALAM EKOSISTEM
TEMPAT PEMOTONGAN BABI DI PROVINSI BANTEN**

DINDA IRYAWATI BEDY SASKITO

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Biomedis Hewan

**PROGRAM STUDI ILMU BIOMEDIS HEWAN
PEMINATAN KESEHATAN MASYARAKAT VETERINER
SEKOLAH KEDOKTERAN HEWAN DAN BIOMEDIS
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. med. vet. drh. Denny Widaya Lukman, M.Si.
- 2 Dr. dr. Ivan Rizal Sini, GDRM., MMIS., MBA., FRANZCOG., Sp.OG.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. dr. Ivan Rizal Sini, GDRM., MMIS., MBA., FRANZCOG., Sp.OG.
- 2 Dr. drh. Agung Suganda, M.Si.



Judul Disertasi : Studi Genomik Resistansi Antimikrob terhadap *Escherichia coli* pada *Interface* Manusia, Hewan, dan Lingkungan dalam Ekosistem Tempat Pemotongan Babi di Provinsi Banten
Nama : Dinda Iryawati Bedy Saskito
NIM : B3601231002

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. med. vet. drh. Hadri Latif, M.Si.

Pembimbing 2:

Prof. drh. Srihadi Agungpriyono, Ph.D., PAVet(K).

Pembimbing 3:

Dr. drh. Chaerul Basri, M.Epid.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. drh. Chaerul Basri, M.Epid.

NIP. 19770525 2005011002

Dekan Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis

Prof. drh. Amrozi, Ph.D.

NIP. 197007211995121 001

Tanggal Ujian Tertutup : 9 Juli 2026

Tanggal Lulus:

Tanggal Ujian Terbuka : 4 Agustus 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 sampai bulan Agustus 2025 ini ialah analisis resistansi antimikrob pada ekosistem tempat pemotongan babi, dengan judul “Studi Genomik Resistansi Antimikrob terhadap *Escherichia coli* pada *Interface* Manusia, Hewan, dan Lingkungan dalam Ekosistem Tempat Pemotongan Babi di Provinsi Banten”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. med. vet. drh. Hadri Latif, M.Si., Prof. drh. Srihadi Agungpriyono, Ph.D., PAVet(K)., dan Dr. drh. Chaerul Basri, M.Epid., yang telah membimbing dan banyak memberi saran selama penyusunan disertasi ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada penguji luar komisi pembimbing, Dr. med. vet. drh. Denny Widaya Lukman, M.Si., Dr. dr. Ivan Rizal Sini, GDRM., MMIS., MBA., FRANZCOG, Sp.OG., dan Dr. drh. Agung Suganda, M.Si, serta seluruh dosen Program Studi Ilmu Biomedis Hewan (IBH).

Penghargaan penulis sampaikan kepada Kepala Dinas Kesehatan Kota Tangerang beserta staf, Kepala Puskesmas di Kota Tangerang beserta staf, serta Kepala Dinas Ketahanan Pangan Kota Tangerang beserta staf yang telah memberikan izin penelitian dan membantu selama pengumpulan data. Penghargaan juga penulis sampaikan kepada Kepala Balai Pengujian Mutu dan Sertifikasi Produk Hewan (BPMSPH), Dr. drh. Puji Rahayu, beserta staf Laboratorium BPMSPH yang telah memberikan izin penggunaan fasilitas laboratorium dan membantu selama pelaksanaan penelitian.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan untuk keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang selama proses penelitian dan penyusunan disertasi ini. *Jazakallah khairan qawwamku*, dr. Raihan Zata Amani Winata, selalu memberikan dukungan terbaik, penuh kelembutan dan kesabaran yang menenangkan. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh keluarga besar Fakultas Kedokteran IPB University, rekan-rekan Program Studi Ilmu Biomedis Hewan Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis IPB University, keluarga di unit Hemodialisis Mayapada Hospital Bogor, serta keluarga di RS UMMI Bogor atas dukungan, bantuan, dan doa yang diberikan.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Dinda Iryawati Bedy Saskito

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	13
DAFTAR GAMBAR	13
DAFTAR LAMPIRAN	14
I PENDAHULUAN UMUM	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Kebaruan	4
1.7 Hipotesis	4
1.8 Alir Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Antimikrob dan Penggunaannya	6
2.2 Resistansi Antimikrob	7
2.3 Perkembangan Penelitian Resistansi Antimikrob di Indonesia	9
2.4 <i>Escherichia coli</i> sebagai Indikator Resistansi Antimikrob	10
2.5 <i>Whole-Genome Sequencing</i>	11
2.6 Ekosistem Tempat Pemotongan Babi	12
III RESISTANSI ANTIMIKROB <i>Escherichia coli</i> PADA <i>INTERFACE</i> MANUSIA–BABI: TINJAUAN SISTEMATIS	14
3.1 Abstrak	14
3.2 Pendahuluan	14
3.3 Metode Penelitian	15
3.4 Hasil	19
3.5 Pembahasan	23
3.6 Kesimpulan	25
IV GEN RESISTANSI ANTIBIOTIK PADA <i>Escherichia coli</i> DARI ISOLAT MANUSIA DI SEKITAR TEMPAT PEMOTONGAN BABI PROVINSI BANTEN	26
4.1 Abstrak	26
4.2 Pendahuluan	26
4.3 Metode Penelitian	28
4.4 Hasil	29
4.5 Pembahasan	32
4.6 Kesimpulan	36
V ANALISIS FILOGENETIK <i>Escherichia coli</i> DARI EKOSISTEM TEMPAT PEMOTONGAN BABI DI PROVINSI BANTEN	37
5.1 Abstrak	37
5.2 Pendahuluan	37
5.3 Metode Penelitian	38
5.4 Hasil	40

5.5	Pembahasan	43
5.6	Kesimpulan	44
VI PEMBAHASAN UMUM		45
6.1	Integrasi Temuan Tinjauan Sistematis dan Penelitian	45
6.2	Profil <i>Antibiotic Resistance Genes</i> pada Ekosistem Tempat Pemotongan Babi	45
6.3	Keterkaitan Kekerbatan Filogenetik dengan Pola ARG <i>E. coli</i> dalam Ekosistem Tempat Pemotongan Babi	48
6.4	<i>Interface</i> ARG berdasarkan Kelas Antimikrob pada Ekosistem Tempat Pemotongan Babi	50
6.5	Potensi Penyebaran Resistansi Antimikrob di Ekosistem Tempat Pemotongan Babi	51
6.6	Potensi <i>Multidrug Resistance</i> di Ekosistem Tempat Pemotongan Babi	53
6.7	Strategi Pengendalian Resistansi Antimikrob dengan Pendekatan <i>One Health</i>	53
VII SIMPULAN UMUM DAN SARAN		56
7.1	Simpulan	56
7.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN		78

DAFTAR TABEL

1	Istilah pencarian yang digunakan dalam basis data	17
2	Perangkat lunak dan platform yang mendukung proses tinjauan	18
3	Hasil kendali mutu sekuensing <i>E. coli</i> dari isolat manusia (n = 94)	29
4	Lokasi ARG pada <i>E. coli</i> dari isolat manusia	31
5	Profil potensi MDR pada <i>E. coli</i> dari isolat manusia	32
6	Karakteristik sosiodemografis ibu hamil dalam penelitian (n = 94)	40
7	Kualitas genom isolat <i>E. coli</i> dari ekosistem TPB di Provinsi Banten (n = 114)	42
8	Profil ARG pada ekosistem TPB	47

DAFTAR GAMBAR

1	Alir penelitian AMR pada <i>E. coli</i> di ekosistem TPB	5
2	<i>Mobile genetic elements</i>	7
3	Mekanisme intrinsik bakteri resistansi antibiotik	8
4	Mekanisme ekstrinsik bakteri resistansi antibiotik dengan transfer gen horizontal	8
5	Diagram alur PRISMA dalam proses seleksi studi untuk tinjauan sistematis 20	
6	Distribusi negara asal studi yang diinklusi dalam tinjauan sistematis	21
7	Frekuensi resistansi antibiotik yang dilaporkan pada isolat <i>E. coli</i> asal manusia dan babi dalam tinjauan sistematis	21
8	Distribusi ARG pada seluruh studi yang diinklusi dalam tinjauan sistematis 22	
9	Jumlah varian ARG berdasarkan kelas antimikrob pada isolat <i>E. coli</i> dari manusia	30
10	Proporsi ARG yang teridentifikasi pada seluruh isolat <i>E. coli</i> dari manusia	30
11	Lokasi ARG pada 94 isolat <i>E. coli</i> dari manusia	31



12	Isolat terkonfirmasi positif <i>E. coli</i> berdasarkan pedoman WHO <i>Tricycle Surveillance</i>	41
13	Pohon filogenetik <i>E. coli</i> dalam ekosistem TPB di Provinsi Banten	42
14	Pohon filogenetik dan distribusi kluster ARG dari seluruh sumber isolat <i>E. coli</i>	49
15	Irisan kelas antimikrob antar sumber isolat <i>E. coli</i> dalam ekosistem TPB di Provinsi Banten	50
16	Distribusi lokasi ARG pada <i>E. coli</i> berdasarkan sumber isolat dalam ekosistem TPB di Provinsi Banten	52
17	Distribusi potensi MDR berdasarkan sumber isolat ekosistem tempat pemotongan babi	53
18	Strategi Pengendalian Resistansi Antimikrob melalui Pendekatan <i>One Health</i> berbasis <i>Communication, Collaboration, Coordination</i> , dan <i>Capacity Building</i> (4C)	54

DAFTAR LAMPIRAN

1	Karakteristik studi yang digunakan dalam analisis filogenetik <i>E. coli</i> dari ekosistem tempat pemotongan babi di Provinsi Banten	79
2	Kaji Etik	80
3	Rekomendasi izin penelitian di Puskesmas Kota Tangerang bulan November hingga Desember 2025	81
4	Rekomendasi izin penelitian di Puskesmas Kota Tangerang bulan Februari hingga April 2026	82