

Tingkat Cemaran *Escherichia coli* O157:H7 pada Peternakan Sapi Perah di Daerah Istimewa Yogyakarta

Escherichia coli O157:H7 Contamination Level in Dairy Farms in Yogyakarta Special Region

Anggit Primasito^{1*}, Widagdo Sri Nugroho², Barandi Sapta Widartono³

¹Program Studi Magister Sains Veteriner, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Kesehatan Masyarakat Veteriner, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

³Departemen Sains Informasi Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*Email: anggitprimasito@mail.ugm.ac.id

Naskah diterima: 26 Mei 2025, direvisi: 8 Agustus 2025, disetujui: 22 April 2026

Abstract

Escherichia coli O157:H7 is a zoonotic pathogenic microorganism that can cause serious infections in humans. Transmission from animals to humans due to contamination of animal products, especially milk, has been reported. The aim of this study was to calculate the level of *Escherichia coli* O157:H7 contamination and analyze the risk factors on dairy farms in Yogyakarta Special Region. The study involved 106 farms with milk samples from 460 dairy cows, 106 soil samples, 106 stable floor swab samples and 106 milker's hand swab samples. Isolation and identification using *MacConkey* media and *Indole, Methyl Red, Voges-Proskauer, Citrate (IMVic)* media. Identification of *Escherichia coli* O157:H7 with *Sorbitol MacConkey* media and *Polymerase Chain Reaction (PCR)* with *Stx1, Stx2* gene targets. Risk factor data were collected through observation and interviews with farmers and analyzed by descriptive statistics and multivariable logistic regression using SPSS. The results showed 72 out of 106 farms were positive for *Escherichia coli* (67.92%) with 94 milk samples, 17 soil, 11 cage floor swabs, 15 milkers' hand swabs. Five out of ninety-four milk-derived *Escherichia coli* isolates were identified as *Escherichia coli* O157:H7 and spread across five farms (4.7%). Logistic regression results showed that the risk factors for *Escherichia coli* contamination in dairy farms in Yogyakarta Special Region are presence of other livestock species, cage conditions, cage disinfection, waste management and presence of streams.

Keywords: dairy cows; *Escherichia coli* O157:H7; risk factors

Abstrak

Escherichia coli O157:H7 merupakan mikroorganisme patogen zoonosis yang dapat menimbulkan infeksi serius pada manusia. Penularan dari hewan ke manusia akibat kontaminasi produk asal hewan terutama susu dilaporkan pernah terjadi. Tujuan penelitian ini untuk menghitung tingkat cemaran *Escherichia coli* O157:H7 dan menganalisis faktor risikonya pada peternakan sapi perah di Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini melibatkan 106 peternakan dengan sampel susu berasal dari 460 sapi perah, 106 sampel tanah, 106 sampel swab lantai kandang dan 106 sampel swab tangan pemerah. Isolasi dan identifikasi menggunakan media *MacConkey* dan Media *Indole, Methyl Red, Voges-Proskauer, Citrate (IMVic)*. Identifikasi O157:H7 dengan media *Sorbitol MacConkey* dan *Polymerase Chain Reaction (PCR)* dengan target gen *Stx1, Stx2*. Data faktor risiko dikumpulkan melalui observasi dan wawancara pada peternak yang dianalisis secara deskriptif statistik dan regresi logistik multivariabel menggunakan SPSS. Hasil pemeriksaan menunjukkan 72 dari 106 peternakan positif *Escherichia coli* (67,92%) dengan rincian 94 sampel susu, 17 tanah, 11 swab lantai kandang, 15 swab tangan pemerah. Lima dari sembilan

puluh empat isolat *Escherichia coli* yang berasal dari susu teridentifikasi sebagai *Escherichia coli* O157:H7 dan tersebar di lima peternakan (4,7%). Hasil regresi logistik menunjukkan faktor risiko cemaran *Escherichia coli* pada peternakan sapi perah di Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu keberadaan jenis ternak lain, kondisi kandang, desinfeksi kandang, pengelolaan limbah dan keberadaan aliran sungai.

Kata kunci: *Escherichia coli* O157:H7; faktor risiko; sapi perah

Pendahuluan

Escherichia coli (*E. coli*) O157:H7 sebagai agen zoonosis yang dapat menimbulkan penyakit serius pada manusia. Bakteri ini secara alami ditemukan pada saluran pencernaan hewan ruminansia, terutama sapi, termasuk sapi perah yang banyak dibudidayakan dalam sistem peternakan rakyat. Sapi tidak hanya berperan sebagai reservoir utama *Escherichia coli* O157:H7, tetapi juga sebagai salah satu sumber potensial penyebaran bakteri melalui produk seperti susu dan limbah peternakan yang dapat mencemari lingkungan seperti pada tanah seperti yang dilaporkan oleh Lambertini (2015) bahwa *E. coli* yang patogen termasuk didalamnya strain O157:H7 terdeteksi dalam susu dan lingkungan peternakan sapi perah. Penelitian yang dilakukan oleh Messele *et al.* (2023) menemukan keberadaan *E. coli* O157:H7 dalam susu mentah dan lingkungan peternakan sapi perah. Kontaminasi ini sering kali berasal dari limbah sapi yang mencemari peralatan pemerahan dan area sekitar termasuk tanah.

Peternakan sapi perah rakyat di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) masih menjadi tulang punggung penyediaan susu segar lokal. Berdasarkan data dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, populasi sapi perah di Daerah Istimewa Yogyakarta mencapai 3.177 ekor dengan populasi tertinggi hingga terendah meliputi Kabupaten Sleman (3142 ekor), Kabupaten Bantul (21 ekor) dan Kabupaten Kulonprogo (14 ekor). Sistem pemeliharaan yang umumnya berskala kecil dengan sanitasi yang belum optimal, berpotensi mendukung perkembangan *E. coli* O157:H7 di lingkungan peternakan sapi perah. Tujuan penelitian ini untuk menghitung tingkat cemaran *E. coli* O157:H7 serta menganalisis faktor risikonya pada peternakan sapi perah di Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengendalian cemaran *E. coli* O157:H7 yang efektif.

Materi dan Metode

Penelitian ini dilakukan menggunakan kajian lintas sektoral untuk mengetahui prevalensi

dan asosiasi antara variabel penelitian dan hasil pengujian di Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari peternak berupa sampel. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Daerah Istimewa Yogyakarta.

Penelitian ini menggunakan sampel dari peternakan sapi perah di Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai unit yang analisis. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode sampling tahapan ganda. Kecamatan, desa dan peternak dipilih dengan metode pengambilan sampel acak terstratifikasi proporsional. Sampel yang terpilih adalah 460 ekor sapi perah, 106 tanah, 106 swab lantai kandang, 106 swab tangan pemerah yang berasal dari 106 peternakan, sekaligus dilakukan pengamatan kondisi ternak dan kandang. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli sampai Desember 2024 dengan pengambilan lokasi sampel di Kabupaten Kulonprogo, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman.

Besaran Sampel

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian lintas sektoral (*cross-sectional*). Besaran sampel dihitung menggunakan rumus Martin *et al.*, 1987, yaitu : $n = \frac{4PQ}{L^2} n = \frac{4PQ}{L^2}$, dimana : n = ukuran sampel; P = perkiraan prevalensi; $Q = 1-P$; dan L = galat, dan tingkat kepercayaan 95%.

Berdasarkan estimasi prevalensi kejadian penyakit sebesar 6,1% (Sobur, *et al.*, 2019), galat yang digunakan 5%, dan tingkat kepercayaan 95%, maka :

$$n = \frac{4 \times (0,061) \times (1 - 0,061)}{(0,05)^2}$$

$$n = \frac{4 \times (0,061) \times (0,939)}{0,0025}$$

$$n = 91,6 \approx 92$$

Menurut Rumus Martin, untuk mengurangi bias, besaran sampel yang diperoleh dikalikan 5 sehingga diperoleh total 460 sampel. Diketahui jumlah populasi sapi perah di Daerah Istimewa

Yogyakarta adalah 3.177 ekor yang tersebar di 4 Kabupaten/Kota (DPKP DIY, 2023).

Koleksi sampel

Pengambilan sampel berupa susu sapi sebanyak 10 cc, tanah, swab lantai kandang dan swab tangan peternak.

Isolasi dan Identifikasi *E. coli*

Sampel diinokulasikan pada permukaan media *MacConkey* steril sebagai media selektif untuk isolasi dan identifikasi dengan karakter koloni berwarna merah, bulat dan kering. Koloni *Escherichia coli* yang telah terkonfirmasi selanjutnya dilakukan uji *IMViC*. Untuk uji indol dilakukan dengan menumbuhkan *E. coli* ke dalam tabung yang berisi media *sulfide indol motility (SIM)*, uji *methy red* dan *voges proskauer* dengan *MR-VP medium*, dan untuk uji *sitrat* dengan *simon sitrat*. Tabung-tabung *IMViC* diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37°C.

Identifikasi *Escherichia coli* O157:H7

Hasil positif *E. coli* selanjutnya diinokulasikan pada media *Sorbitol McConkey* agar (SMAC) dan diinkubasikan selama 24 jam. Koloni *Escherichia coli* O157:H7 tidak memfermentasi sorbitol dicirikan dengan koloni tidak berwarna (colourless).

Pengujian Molekuler *Escherichia coli* O157:H7

Sampel yang telah terkonfirmasi positif *E. coli* O157:H7 menggunakan media SMAC kemudian dilakukan pengujian molekuler dengan menggunakan primer *Stx1* (forward primer) CGT CTT TAC TGA TGA TTG ATA GTG GC dan *Stx1* (reverse primer) CGC GAT GCA TGA TGA TGA C dan primer *Stx2* (forward primer) TAC CAC TCT GCA ACG TGT CG dan *Stx2* (reverse primer) CGA TAC TCC GGA AGC ACA TT dengan target gen 629 bp untuk *Stx1* dan *Stx2* 297 bp (Kyung et al., 2014) dengan langkah *pre denaturasi* 95°C selama 15 menit, diikuti 35 kali siklus *amplifikasi* dengan *denaturasi* pada suhu 95°C 30 detik, *annealing* 57°C selama 1 menit dan *ekstensi* 72°C selama 1 menit dan diakhiri dengan *ekstensi* akhir pada suhu 71°C selama 10 menit.

Analisis data

Analisis data dilakukan terhadap beberapa variabel dan diinterpretasikan secara deskriptif. Hasil analisis digunakan untuk perhitungan prevalensi. Pemodelan faktor risiko untuk mengetahui

mengetahui faktor risiko yg berpengaruh terhadap cemaran *Escherichia coli* pada peternakan. Data statistik dianalisis dengan menggunakan software SPSS versi 25.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Isolasi dan Identifikasi *E. coli*

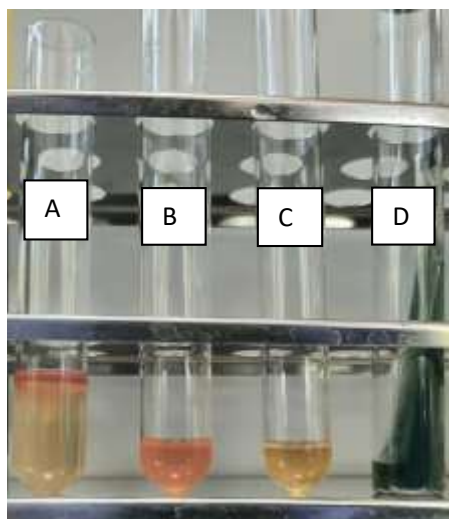
Isolat *E. coli* yang ditanam pada media *MacConkey* akan menunjukkan pertumbuhan koloni berwarna merah atau merah muda, berbentuk bulat dan memiliki permukaan kering. Hal ini terjadi karena fermentasi laktosa oleh *E. coli* menghasilkan asam yang menurunkan pH di sekitar koloni sehingga indikator netral merah dalam media berubah warna. Bentuk koloni yang khas ini merupakan salah satu karakteristik penting dalam identifikasi awal *E. coli* secara mikrobiologis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Koloni *E. coli* pada media *MacConkey* Agar (tanda panah) dari sampel susu, ditunjukkan dengan warna merah, bulat dan kering.

Uji biokimia yang digunakan yaitu uji *IMViC*. Hasil positif dari sampel yang diujikan menunjukkan indol positif pada media *Sulfide Indole Motility (SIM)* dengan terlihatnya cincin merah pada permukaan media. Berdasarkan hasil dilakukan pengamatan pada Gambar 2. bakteri *E. coli* dikultur ke dalam media *MR-VP* dari semua sampel yang diuji menunjukkan hasil *MR* positif setelah dilakukan penambahan 5 tetes larutan indikator *methyl red* sehingga terjadi perubahan warna menjadi merah pada media dan menunjukkan hasil negatif pada *VP* dikarenakan tidak menunjukkan adanya perubahan warna setelah dilakukan penambahan tiga hingga lima tetes larutan α -*naphtol* 5% serta lima tetes *KOH* 40%. Keseluruhan sampel dengan pertumbuhan koloni bakteri yang diduga bakteri *Escherichia coli* pada

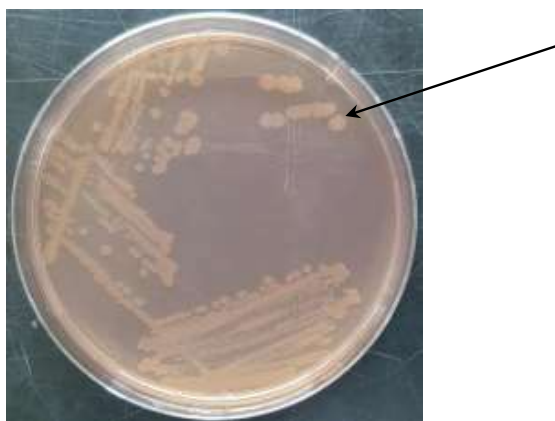
media *Simmon Citrate Agar* negatif yakni dengan tidak terjadinya perubahan warna pada media dari hijau menjadi biru.



Gambar 2. Hasil pengujian *E. coli* isolasi dari susu pada media IMViC. A. Pada media Indol memberikan hasil positif dengan terbentuknya cincin merah; B. Pada media MR memberikan hasil positif yang ditandai dengan warna merah yang menyebar pada media; C. Media VP memberikan hasil negatif dengan tidak menunjukkan perubahan warna; D. Pada media Simmone Citrate Agar memberikan hasil negatif dengan tidak menunjukkan perubahan warna.

Hasil Identifikasi *Escherichia coli* O157:H7

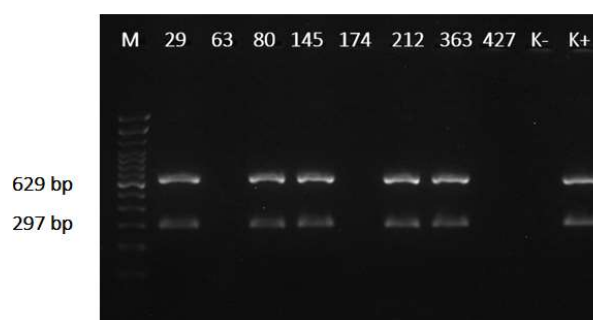
Hasil isolat yang menunjukkan positif *Escherichia coli* selanjutnya ditanam pada media *Sorbitol MacConkey Agar (SMAC)*. Hasil positif pada media *SMAC* tidak memfermentasikan sorbitol ditandai dengan terbentuknya koloni *colourless* (Gambar 3). *SMAC* merupakan media diferensiasi yang baik untuk *E. coli* serotipe O157:H7 karena bakteri ini tidak mampu memfermentasi sorbitol dalam waktu 24 jam.



Gambar 3. Koloni pada media *Sorbitol MacConkey Agar (SMAC)* pada sampel yang diisolasi dari susu menunjukkan hasil positif dengan tidak menunjukkan warna atau *colourless*

Hasil pengujian PCR *E. coli* O157:H7

Hasil elektroforesis PCR dengan primer Stx1 dan Stx2 untuk mengidentifikasi *E. coli* O157:H7 menunjukkan hasil seperti pada Gambar 4. Sebanyak lima isolat sampel (nomor sampel 29, 80, 145, 212, 363) teridentifikasi memiliki pita DNA dengan ukuran 629 bp untuk Stx1 dan Stx2 297 bp seperti isolat kontrol. Kontrol positif (K+) menghasilkan pita di posisi yang sama, mengonfirmasi bahwa protokol PCR dan reagen yang digunakan berfungsi dengan baik. Sebaliknya, kontrol negatif (K-) tidak menunjukkan adanya pita, menandakan tidak adanya kontaminasi silang atau amplifikasi non-spesifik selama proses PCR.



Gambar 4. Hasil Elektroforesis *E. coli* O157H7 dengan 2 primer Stx1 (629 bp), Stx2 (297 bp) pada sampel susu. Sampel nomor 29, 80, 145, 212, 363 menunjukkan hasil positif yang ditandai dengan terbentuknya pita DNA sesuai dengan Kontrol Positif (K+). Kontrol Negatif (K-) ditandai dengan tidak adanya pita DNA

Prevalensi Cemaran *E. coli* O157:H7

Penelitian ini melibatkan 106 peternakan yang berasal dari Kulonprogo 1 peternakan, Bantul 2 peternakan, Sleman 103 peternakan. Tingkat cemaran *E. coli* pada susu sebanyak 20,43% (94/460), pada tanah 16,03% (17/106) swab lantai kandang 10,37% (11/106), swab tangan pemerah 14,15% (15/106). Penelitian ini berbeda dengan laporan penelitian Veloo (2019) yang menemukan prevalensi cemaran *E. coli* pada susu segar sebesar 56,3%, pada tanah sebesar 58,3%, dan penelitian oleh Geletu *et al.*, (2022) pada swab lantai kandang sebesar 5% serta studi oleh Adzitey *et al.* (2022) pada tangan pemerah sebesar 12%. Meskipun cemaran *E. coli* cukup tinggi pada susu, tanah, lantai kandang maupun tangan pemerah namun *E. coli* O157:H7 hanya ditemukan pada susu sebesar 5 dari 460 sampel (1,08%), dan tidak ditemukan pada tanah, lantai kandang serta tangan pemerah.

Tingkat cemaran *E. coli* pada peternakan sebesar 67,92% (72/106). Hasil ini lebih tinggi

dibanding dengan penelitian Vello *et al.* (2020) pada peternakan sapi perah di Malaysia yang melaporkan prevalensi *E. coli* sebesar 66,1%. Tingkat cemaran *E. coli* O157:H7 peternakan sebesar 4,7% (5/106). Angka ini lebih sedikit dari hasil penelitian Obaidat and Stringer (2019) di Yordania yakni sebesar 23%.

Analisis faktor risiko cemaran *E. coli* pada peternakan sapi perah di Daerah Istimewa Yogyakarta

Analisis data dilakukan terhadap beberapa variabel yang tercantum dalam kuisioner dengan hasil pengujian *E. coli* pada sapi perah. Variabel yang berasosiasi dengan *E. coli* tingkat peternakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Keberadaan jenis ternak lain dalam satu lokasi peternakan sapi perah, seperti kambing atau sapi potong meningkatkan risiko penyebaran *E. coli* karena ternak-ternak ini memiliki mikrobiota usus masing-masing, termasuk strain *E. coli* yang dapat bersifat patogen seperti yang disebutkan oleh Aditya *et al.* (2024) menemukan bahwa peternakan terintegrasi memiliki prevalensi tinggi *E. coli* pada lantai kandang serta menunjukkan potensi penyebaran lintas spesies dan lingkungan. Bila berada dalam satu kandang tanpa pemisahan yang jelas, kotoran dari hewan lain dapat mencemari lingkungan kandang sapi perah, meningkatkan risiko transfer silang mikroorganisme patogen, termasuk *E. coli* yang lebih virulen atau resisten serta interaksi di lingkungan peternakan dapat memperluas penyebaran antar spesies. Agatha *et al.* (2023) menjelaskan bahwa kambing dapat

menjadi reservoir *E. coli*, yang berpotensi menyebar ke sapi perah dalam peternakan campuran melalui kontaminasi silang.

Kondisi ini diperburuk dengan kebersihan kandang yang buruk, seperti akumulasi kotoran, air genangan, serta peralatan yang tidak disanitasi secara rutin. Lingkungan yang lembab dan kotor menciptakan habitat ideal bagi *E. coli* untuk bertahan dan berkembang. Kotoran yang tidak segera dibersihkan juga menjadi sumber kontaminasi langsung terhadap ambing sapi, yang dapat berujung pada mastitis atau kontaminasi langsung ke dalam susu. Menurut Ercumen *et al.* (2017) kurangnya pengelolaan limbah meningkatkan risiko kontaminasi dengan peningkatan signifikan *E. coli* di tanah. Penanganan limbah yang tidak diolah dengan baik, seperti pembuangan langsung ke lahan terbuka atau ke sistem drainase tanpa proses dekomposisi atau pengolahan limbah cair, berkontribusi besar terhadap penyebaran *E. coli*. Bakteri ini dapat menyebar melalui cipratan air, angin, maupun serangga dan burung yang berpindah dari satu titik ke titik lain di dalam peternakan. Studi lain oleh Howard *et al.* (2017) menemukan bahwa praktik pengelolaan limbah susu mempengaruhi konsentrasi dan keragaman *E. coli*, menyoroti pentingnya pengelolaan limbah yang tepat untuk mengurangi kontaminasi lingkungan.

Situasi menjadi lebih kompleks dan berisiko ketika terdapat aliran sungai yang berada dekat dengan peternakan. Sungai dapat dengan mudah menerima limpasan dari kandang atau saluran

Tabel 1. Variabel yang berasosiasi dengan *E. coli* tingkat peternakan.

No	Variabel	Ket.	Positif	Negatif	Jumlah	X ²	P-value	OR
1	Keberadaan ternak lain	Ada	27	12	59	8.413	0.004*	3.447
		tidak	25	22	47			
2	Jenis ternak lain	Sapi potong	31	4	35	4.613	0,032*	4.133
		Kambing	15	6	23			
3	Kepadatan kandang	Padat	65	7	72	21.391	0,000*	9.286
		Tidak padat	17	17	34			
4	Kondisi kandang	Kotor	41	11	52	5.586	0,018*	2765
		Bersih	31	23	54			
5	Desinfeksi kandang	Tidak	14	6	20	0,049	0,825	
		Ya	58	28	86			
6	Pengelolaan limbah	Dikelola	43	11	52	6.922	0,009*	3.105
		Dibiarkan	29	23	62			
7	Sumber Air	Air Tanah	70	32	102	0,613	0,434	
		Sumur	2	2	4			
8	Keberadaan aliran sungai	Dekat	45	11	56	8.423	0,004*	3.485
		jauh	27	23	50			

Keterangan: X²: Nilai hasil perhitungan statistik; P-Value: Nilai Signifikansi; OR: Rasio Peluang

pembuangan limbah, terutama saat hujan. Air sungai yang tercemar ini dapat menjadi sumber penyebaran *E. coli* ke peternakan lain di hilir, atau kembali mencemari peternakan melalui irigasi, air minum ternak, atau aktivitas pekerja yang bersentuhan dengan air tersebut, seperti studi yang dilakukan oleh Antunes *et al.* (2023) yang menemukan bahwa akses langsung ternak ke aliran sungai kecil meningkatkan konsentrasi *E. coli* dalam sedimen dasar sungai, menunjukkan bahwa interaksi langsung antara ternak dan badan air dapat memperburuk kontaminasi mikrobiologis. Studi lain menyatakan bahwa hubungan antara peningkatan tindakan pembersihan dan desinfeksi peralatan serta kandang dapat menurunkan prevalensi *E. coli* di peternakan sapi Gonggrijp *et al.* (2016) oleh karena itu, peternakan sapi perah perlu melakukan upaya untuk mengurangi sumber kontaminasi susu dari ambung dan perbaikan status kesehatan sapi perah serta lingkungan produksi melalui peningkatan praktik kebersihan dalam manajemen sapi dan penanganan susu (Velazquez *et al.* 2019)

Kesimpulan

Tingkat cemaran *E. coli* pada susu sebanyak 20,43% (94/460), tanah 16,03% (17/106), swab lantai kandang 10,37% (11/106), swab tangan pemerah 14,15% (15/106). Meskipun cemaran *E. coli* cukup tinggi pada susu, tanah, lantai kandang maupun tangan pemerah namun *E. coli* O157:H7 hanya ditemukan pada susu sebesar 5 dari 460 sampel (1,08%) dan tidak ditemukan pada tanah, lantai kandang serta tangan pemerah. Tingkat cemaran *E. coli* pada peternakan sebesar 67,92% (72/106). Tingkat cemaran *E. coli* O157:H7 peternakan sebanyak 4,7% (5/106). Analisis faktor risiko menunjukkan bahwa keberadaan ternak lain, jenis ternak lain pada kandang yang sama, kondisi kebersihan kandang, pengelolaan limbah dan keberadaan aliran sungai memiliki hubungan signifikan terhadap peningkatan cemaran *E. coli*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPPSDM) Kementerian Pertanian yang memberikan dukungan dana beasiswa dan penelitian; Balai Besar Veteriner Wates; Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta; Dinas Pertanian, Pangan dan Perikanan Kabupaten Sleman; Dinas Pertanian dan

Ketahanan Pangan Kabupaten Bantul serta Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Kulonprogo yang membantu kelancaran penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adzitey, F.; Yussif, S.; Ayamga, R.; Zuberu, S.; Addy, F.; Adu-Bonsu, G.; Huda, N.; Kobun, R. *Antimicrobial Susceptibility and Molecular Characterization of Escherichia coli Recovered from Milk and Related Samples. Microorganisms* 2022, *10*, 1335. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071335>
- Agatha, T.M., Wibawati, P.A., Izulhaq, R.I., Agustono, B., Prastiya, R.A., Wardhana, D.K., Abdramanov, A., Lokapirnasari, W.P. and Lamid, M., 2023. Antibiotic resistance of *Escherichia coli* from the milk of Ettawa crossbred dairy goats in Blitar Regency, East Java, Indonesia *Veterinary World*, *16*, 168. DOI:0.14202/vetworld.2023.168-174
- Antunes, P.O., ÓhUallacháin, D., Dunne, N. *et al.* *Cattle access to small streams increases concentrations of Escherichia coli in bed sediments. Hydrobiologia* 850, 3273–3291 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05091-5>
- Arpita Aditya, Dita Julianingsih, Zajeba Tabashum, Zabdiel Alvarado_Martinez, Chuan-Wei tung, Matthew Wall, and Debarbara Biswas. 2024. *Dominance of Diarrheagenic E. coli Virulent Types in Integrated Crop–Livestock Farms and Their Antibiotic Resistance Patterns. Zoonotic Dis.* 2024, *4*(1), 11-21; <https://doi.org/10.3390/zoonoticdis4010003>
- Drugea, R.I.; Siteavu, M.I.; Pitoiu, E.; Delcaru, C.; Sârbu, E.M.; Postolache, C.; Băraîtăreanu, S. *Prevalence and Antibiotic Resistance of Escherichia coli Isolated from Raw Cow's Milk. Microorganisms* 2025, *13*, 209. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13010209>
- Ercumen, A., Pickering, Amy J., Kwong, Laura H., Arnold, Benjamin F., Parvez, Sarker M., Alam, M., Sen, D., Islam, S., Kullmann, C., Chase, C., Ahmed, R., Unicomb, L., Luby, Stephen P., Colford, John M. Jr. 2017. *Animal Feces Contribute to Domestic Fecal Contamination: Evidence from E. coli Measured in Water, Hands, Food, Flies, and Soil in Bangladesh. American Chemical*

- Society 13-936X. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01710>
- Geletu Umer Seid, Usmael Munera Ahmednur, Abdulmuen Mohammed Ibrahim. 2022. *Isolation, Identification, and Susceptibility Profile of E. coli, Salmonella, and S. aureus in Dairy Farm and Their Public Health Implication in Central Ethiopia*. *Vet Med Int*. 14:2022:1887977. doi: 10.1155/2022/1887977
- Gonggrijp, M.A.; Santman-Berends, I.; Heuvelink, A.E.; Buter, G.J.; van Schaik, G.; Hage, J.J.; Lam, T. *Prevalence and risk factors for extended-spectrum beta-lactamase- and AmpC-producing Escherichia coli in dairy farms*. *J. Dairy Sci*. 2016, 99, 9001–9013.
- Howard, K.J., Martin, E., Gentry, T. et al. *Effects of Dairy Manure Management Practices on E. coli Concentration and Diversity*. *Water Air Soil Pollut* 228, 4 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11270-016-3182-7>
- Kyung Hwan Oh, Soo-Bok Kim, Mi-Sun Park and Seung-Hak Cho. 2014. *Development of a One-Step PCR Assay with Nine Primer Pairs for the Detection of Five Diarrheagenic Escherichia coli Types*. *J. Microbiol. Biotechnol*. 2014; 24(6): 862-868. <https://doi.org/10.4014/jmb.1312.12031>
- Lambertini E., Karns J.S., Jo Ann S. Van Kessel, Huilin Cao, Ynte H. Schukken, David R. Wolfgang, Julia M. Smith, Abani K. Pradhan. 2015. *Dynamics of Escherichia coli Virulence Factors in Dairy Herds and Farm Environments in a Longitudinal Study in the United States*. *ASM Journals Applied and Environmental Microbiology* Vol. 81, No. 13. <https://doi.org/10.1128/AEM.00465-15>
- Mesele Frehiwot, Leta Samson, Ameneu Kebede Amenu, Abunna Fuffa. 2023. *Occurrence of Escherichia Coli O157:H7 in lactating cows and dairy farm environment and the antimicrobial susceptibility pattern at Adami Tulu Jido Kombolcha District, Ethiopia*. *BMC Veterinary Research* ;19:6. doi: 10.1186/s12917-023-03565-9
- Obaidat MM, Stringer AP. 2019. *Prevalence, molecular characterization, and antimicrobial resistance profiles of Listeria monocytogenes, Salmonella enterica, and Escherichia coli O157:H7 on dairy cattle farms in Jordan*. *J Dairy Sci*;102(10):8710–20. doi: 10.3168/jds.2019-16461.
- The National Standardization Agency of Indonesia (Badan Standarisasi Nasional-BSN). (2018) *Methods for Testing Microbial Contamination in Meat, Eggs and milk, as well as their Processed Products SNI 2897*. The National Standardization Agency of Indonesia (Badan Standarisasi Nasional-BSN), Jakarta Indonesia. p4–11
- Velazquez-Ordóñez, V., Valladares-Carranza, B., Tenorio Borroto, E., Talavera-Rojas, M., Varela-Guerrero, J.A., Acosta-Dibarrat, J., Puigvert, F., Grille, L., Revello, A.G. and Pareja, L. (2019) *Microbial contamination in milk quality and health risk of the consumers of raw milk and dairy products*. In Book: *Nutrition in Health and Disease Our Challenges Now and Forthcoming Time*. IntechOpen, London. p1–25.
- Vello, Y., Rajendiran, S., Zakaria, Y, Ismail, R., ahman, S.A., Mansor, R., and Thahir, S.S.A. 2025. *Prevalence and Antimicrobial Resistance Patterns of Escherichia coli in the Environment, Cow Dung, and Milk of Selangor Dairy Farms*. *Antibiotics* (Basel), Volume 14, Edisi 2, Artikel 137. DOI:10.3390/antibiotics14020137