

Tingkat Kontaminasi dan Resistensi Antibiotik *Staphylococcus aureus* pada Susu dari Peternakan Kambing Perah Tradisional di Kabupaten Langkat Sumatera Utara

Shinta Mutia Rambe Manalu^{1,4}, Lisnawita^{2*}, Nevy Diana Hanafi³, Luthfi Aziz Mahmud Siregar⁵

^{1,5}Program Doktoral, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

³Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

⁴Balai Veteriner Medan, Kementerian Pertanian

Email: lisnawita@usu.ac.id

Abstrak

Mastitis merupakan salah satu penyakit utama pada ruminansia penghasil susu tinggi yang menyebabkan penurunan produksi dan kerugian ekonomi signifikan bagi peternak. *Staphylococcus aureus* diketahui sebagai patogen utama penyebab mastitis klinis maupun subklinis pada kambing. Kajian mengenai resistensi antimikroba (*Antimicrobial Resistance* / AMR) pada isolat *S. aureus* dari susu kambing di Indonesia masih terbatas, dan belum pernah dilaporkan di Provinsi Sumatera Utara. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi serta mengevaluasi tingkat resistensi antimikroba *S. aureus* yang berasal dari susu kambing penderita mastitis subklinis di peternakan tradisional Kabupaten Langkat. Penelitian dilakukan secara eksploratif laboratorik dengan sampel susu yang positif *California Mastitis Test* (CMT). Isolasi bakteri dilakukan pada media *Blood Agar Plate* (BAP), *Mannitol Salt Agar* (MSA), dan *Baird Parker Agar* (BPA), diikuti uji koagulase dan katalase untuk identifikasi. Uji resistensi antibiotik dilakukan menggunakan metode difusi cakram Kirby–Bauer terhadap amoksisilin, penisilin G, dan tetrasiklin. Dari 31 sampel susu yang dianalisis, diperoleh 15 isolat *S. aureus* dengan tingkat resistensi masing-masing 67%, 80%, dan 13%. Hasil ini menunjukkan tingginya tingkat resistensi *S. aureus* terhadap antibiotik tertentu sehingga diperlukan pengawasan penggunaan antimikroba, penerapan biosekuriti, serta edukasi kepada peternak untuk menekan penyebaran bakteri resisten dan risiko kesehatan masyarakat di masa mendatang.

Kata kunci: *Staphylococcus aureus*, Mastitis subklinis, Susu kambing, Peternak tradisional, Sumatera Utara

Abstract

Mastitis is one of the major diseases affecting high-producing ruminants, leading to decreased milk yield and significant economic losses for farmers. *Staphylococcus aureus* is recognized as the predominant pathogen responsible for both clinical and subclinical mastitis in goats. Research on antimicrobial resistance (AMR) of *S. aureus* isolated from goat milk in Indonesia remains limited, and no such studies have been reported in North Sumatra Province. This study aimed to isolate and evaluate the antimicrobial resistance patterns of *S. aureus* obtained from subclinical mastitic goat milk in traditional dairy farms in Langkat Regency. An exploratory laboratory study was conducted using milk samples that tested positive for subclinical mastitis based on the *California Mastitis Test* (CMT). Bacterial isolation was performed on *Blood Agar Plate* (BAP), *Mannitol Salt Agar* (MSA), and *Baird-Parker Agar* (BPA), followed by coagulase and catalase tests for bacterial identification. Antimicrobial susceptibility testing was conducted using the Kirby–Bauer disk diffusion method against amoxicillin, penicillin G, and tetracycline. Of the 31 milk samples analyzed, 15 *S. aureus* isolates were identified, showing resistance rates of 67%, 80%, and 13%, respectively. These findings indicate a high level of antibiotic resistance among *S. aureus* isolates, highlighting the need for prudent antimicrobial use, strict biosecurity measures, and farmer education to reduce the spread of resistant bacteria and potential public health risks in the future.

Keywords: *Staphylococcus aureus*, Subclinical mastitis, Goat milk, Traditional farmer, North Sumatra

PENDAHULUAN

Ruminansia dengan produksi susu yang tinggi seringkali mengalami infeksi pada ambing atau mastitis yang kemudian menyebabkan kerugian signifikan pada peternak. Kerugian ini disebabkan oleh biaya pengobatan ternak dan penurunan produksi susu (Ali *et al.*, 2021). Pada kambing, mastitis umumnya terjadi tanpa disertai dengan gejala (subklinis) sehingga menyulitkan peternak dan petugas kesehatan hewan untuk mendiagnosa penyakit ini pada tahap awal. Penyebab utama mastitis pada kambing adalah infeksi bakteri, namun tidak semua jenis bakteri dapat menyebabkan mastitis. Mikroorganisme penyebab mastitis secara umum terbagi atas 2 kategori berdasarkan sumber dan rute transmisinya, yaitu bakteri menular dan bakteri lingkungan (Aliyi, 2023; Tong *et al.*, 2025). Di antara 100 jenis mikroorganisme yang ditemukan terdapat pada ambing, *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri yang paling sering menyebabkan mastitis klinis maupun subklinis pada kambing. *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri yang menyebabkan 90% kasus mastitis pada ternak perah dan 35% kasus kerugian ekonomi di industri peternakan (Aswin, *et al.*, 2020; Kitila *et al.*, 2021).

Staphylococcus aureus merupakan bakteri fakultatif anaerob Gram-negatif dan merupakan salah satu patogen penting yang menjadi salah satu standar acuan kontaminasi bakteri pada susu dalam hal menjamin keamanan pangan berupa susu menurut Standar Nasional Indonesia. Kontaminasi sejumlah *Staphylococcus aureus* pada susu dapat menyebabkan peningkatan kadar toksin staphylococcus pada susu, toksin ini resisten terhadap proses pasteurisasi dan pendidihan. Ditemukannya *Staphylococcus aureus* dalam produk bahan pangan asal ternak dapat mencerminkan tingkat kesehatan ambing dan sanitasi peternakan (BSN, 2015; Nisa *et al.*, 2019; Praja *et al.*, 2024).

Cara paling efektif untuk mengatasi infeksi mastitis akibat bakteri ini hanya dengan penggunaan antibiotik, namun penggunaan antibiotik secara tidak bertanggungjawab akan berisiko menyebabkan resistensi bakteri terhadap antibiotik tersebut. Resistensi bakteri terhadap antibiotik dapat membahayakan ternak dan juga manusia sebagai konsumen bahan pangan asal hewan. Fenomena ini diperkuat dengan laporan dari WHO tahun 2021 yang melaporkan terjadinya peningkatan *antimicrobial resistance* (AMR) pada manusia dan hewan serta adanya prediksi oleh para ahli bahwa di tahun 2050 akan terdapat 10 juta kematian per tahun secara global akibat AMR (Yosyana *et al.*, 2025).

Meskipun terdapat petunjuk untuk menghindari terjadinya AMR pada produk hewan, namun pelaksanaannya masih sangat minim di lapangan. Hal ini dibuktikan dengan

ditemukannya beberapa fenomena AMR pada susu sapi oleh beberapa peneliti sebelumnya. Kajian terkait AMR pada susu kambing di Indonesia masih sangat minim. Secara regional di Provinsi Sumatera Utara, kajian ini belum pernah dilakukan sebelumnya meskipun Provinsi Sumatera Utara, khususnya Kabupaten Langkat, diketahui memiliki potensi pengembangan kambing yang sangat potensial menurut BPS pada tahun 2024. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri *Staphylococcus aureus* pada susu kambing dari peternakan tradisional di Provinsi Sumatera Utara. Penelitian ini juga akan mengevaluasi tingkat resistensi antimikrobal dari bakteri *Staphylococcus aureus* pada beberapa jenis antibiotik yang sering digunakan untuk pengobatan penyakit kambing di Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksploratif laboratorik dengan jumlah sampel lapangan sebanyak 31 sampel susu kambing segar yang terinfeksi mastitis subklinis dari peternakan kambing perah tradisional di Kabupaten Langkat yang menunjukkan hasil positif *California Mastitis Test* (CMT). Seluruh kambing yang diambil susunya untuk penelitian ini tidak menunjukkan gejala klinis infeksi mastitis seperti demam, tidak nafsu makan, maupun bengkak, kemerahan dan nyeri pada ambung. Sebanyak 10 ml susu dengan hasil uji positif tersebut kemudian ditampung dalam tabung sampel steril dan disimpan dalam *ice box* berisi *ice gel* (Purnamasari *et al.*, 2023). Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kesehatan Masyarakat Veteriner Balai Veteriner Medan.

Sampel susu dengan hasil positif pada uji CMT sebanyak 5 cc selanjutnya ditambah dengan 25 ml Buffer Peptone Water (BPW) dan diinkubasi 37°C selama 24 jam. Kultur isolat yang diperoleh akan dilanjutkan pada Media *Blood Agar Plate* (BAP), *Mannitol Sugar Agar* (MSA) dan *Baird Parker Agar* (BPA) yang disertai dengan inkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Koloni bakteri yang tumbuh diamati untuk identifikasi morfologi koloni bakteri (Artdita, *et al.*, 2020). Tahapan uji biokimia yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada SNI 2897 Tahun 2008 tentang metode pengujian cemaran mikroba dalam daging, telur dan susu, serta hasil olahannya.

Koloni bakteri yang diduga *Staphylococcus aureus* diambil secara aseptis menggunakan ose kemudian diletakkan secara merata di atas *object glass* dan difiksasi dengan bunsen. Preparat yang telah difiksasi ditetesi dengan 2-3 tetes kristal violet dan didiamkan selama 1-2 menit. Kemudian Preparat dibilas dengan air mengalir dan ditetesi larutan lugol lalu dibiarkan selama 1 menit. Preparat dibilas dengan air mengalir kemudian

dikeringkan. Selanjutnya preparat ditetesi dengan alkohol 96%, didiamkan 30 detik kemudian dibilas dengan air mengalir. Preparat ditetaskan dengan zat warna safranin, dibiarkan selama 2 menit lalu dibilas dengan air mengalir dan dibiarkan kering. Preparat diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100x dan memakai minyak emersi (BSN, 2015).

Koloni yang diduga *Staphylococcus aureus* diambil dengan menggunakan ose steril kemudian dioleskan pada *object glass*, ditambahkan 1 tetes hidrogen peroksida 3% diatas preparat tersebut dan diamati pembentukan buih/gelembung. Jika terbentuk gelembung maka dinyatakan sebagai hasil reaksi positif, jika tidak terbentuk gelembung maka dinyatakan sebagai hasil reaksi negatif (BSN, 2015).

Metode uji ini dilakukan dengan cara mengambil isolat bakteri menggunakan ose steril kemudian dimasukkan dalam 1 ml Nutrient Broth lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Kemudian dimasukkan 1 ml plasma kelinci ke dalam tabung tersebut dengan menggunakan spuit kemudian diinkubasi selama 4 jam pertama untuk melihat hasilnya, bila masih belum menunjukkan koagulasi positif inkubasi dilanjutkan sampai 24 jam. Reaksi positif pada uji koagulasi ditunjukkan dengan adanya gumpalan seperti gel dalam tabung, dan reaksi negatif apabila tidak terdapat gumpalan menyerupai gel pada tabung (BSN, 2015).

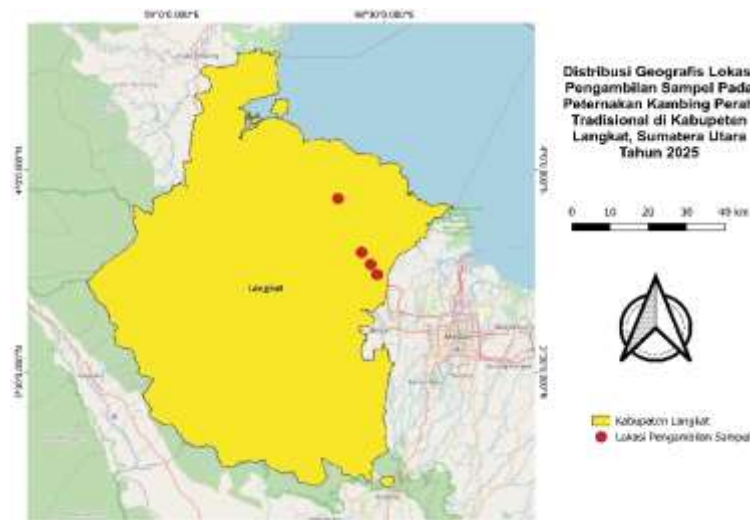
Berdasarkan data iSIKHNAS 2024, terdapat 3 jenis antibiotik yang umumnya digunakan untuk pengobatan penyakit pada kambing yaitu penisilin, tetrasiklin, dan amoksisilin. Oleh sebab itu maka antibiotik yang diujikan terhadap *Staphylococcus aureus* dalam penelitian ini adalah penisilin G 10 IU (CT0043B, Oxoid), tetrasiklin 30 µg (CT0054B, Oxoid) dan amoksisilin 25 µg (CT0061B, Oxoid). Standar uji susceptibilitas antibiotik digunakan pada penelitian ini mengacu pada metode Kirby-Bauer pada panduan yang terdapat pada *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2020).

Uji resistensi antibiotik dengan metode difusi cakram Kirby-Bauer dilakukan dengan membuat suspensi koloni bakteri dan kekeruhannya disesuaikan dengan standar 0,5 Mc Farland yang setara dengan 1×10^8 CFU/ml. Kemudian diambil *cotton swab* steril kemudian dicelupkan pada suspensi bakteri lalu dioleskan pada media *Mueller Hinton Agar* (MHA). Media didiamkan selama 30 menit, setelah itu cakram antibiotik diambil menggunakan pinset steril lalu diletakkan di permukaan media, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Diameter zona hambat yang terbentuk diukur menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter. Masing-masing hasil dari zona

hambat dibandingkan sesuai standar CLSI. Jika antibiotik yang diuji tidak terdapat dalam dokumen standar CLSI, maka zona hambat yang dihasilkan akan diinterpretasikan dengan keterangan pada kit cakram antibiotik yang digunakan tersebut (Permatasari *et al.*, 2022).

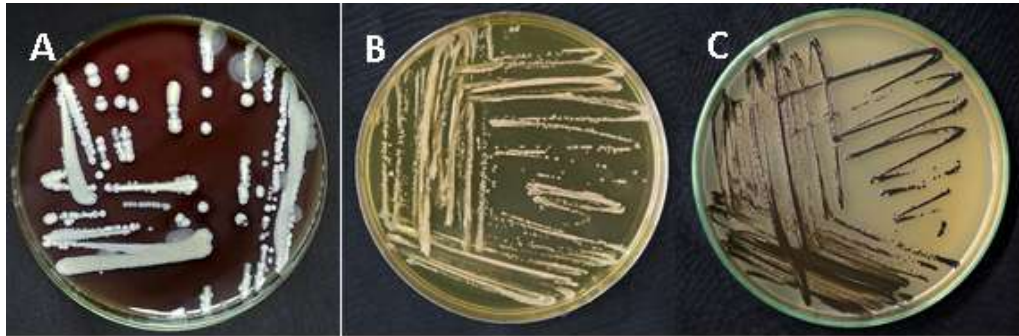
HASIL DAN PEMBAHASAN

Diperoleh 15 isolat *Staphylococcus aureus* dan dari total 31 sampel susu kambing segar terinfeksi mastitis subklinis berdasarkan uji CMT dikoleksi dari peternakan kambing perah tradisional di Kabupaten Langkat di Provinsi Sumatera Utara. Lokasi pengambilan sampel terdiri dari 4 peternakan yang masih aktif mensuplai kebutuhan susu untuk Kabupaten Langkat dan sekitarnya (Gambar 1). Populasi kambing pada peternakan bervariasi antara 20-140 ekor per peternakan, merupakan peternakan *backyard* dengan sistem pemeliharaan intensif.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel susu dari peternakan kambing tradisional di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara

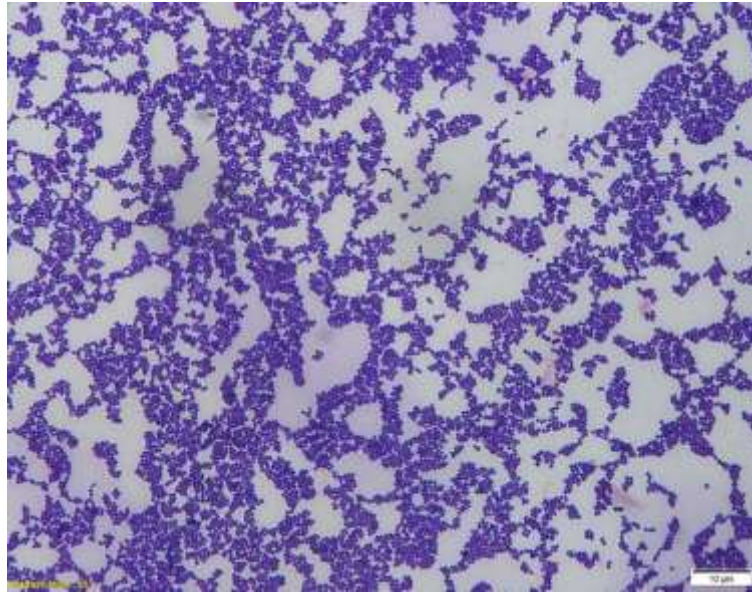
Koloni *Staphylococcus aureus* menunjukkan morfologi yang khas pada media agar (Gambar 2). Hasil kultur pada media agar menunjukkan koloni bakteri yang bundar, cembung dengan tepi rata dan halus. Pada media MSA, terlihat adanya pertumbuhan koloni yang berhasil mengubah warna media MSA yang awalnya berwarna merah menjadi berwarna kuning. Pada media BPA terlihat pertumbuhan koloni bakteri berwarna kehitaman. Hasil serupa juga dilaporkan oleh peneliti sebelumnya yang mengindikasikan koloni bakteri yang tumbuh adalah koloni *Staphylococcus aureus* (Budiarso *et al.*, 2019; Salwa & Sharma, 2023; Fayisa & Tuli, 2024).



Gambar 2. Hasil isolasi bakteri *Staphylococcus aureus*. Keterangan: A = Hasil kultur *Staphylococcus aureus* pada media BAP; B = Hasil kultur *Staphylococcus aureus* pada media MSA; C= Hasil kultur *Staphylococcus aureus* pada media BPA

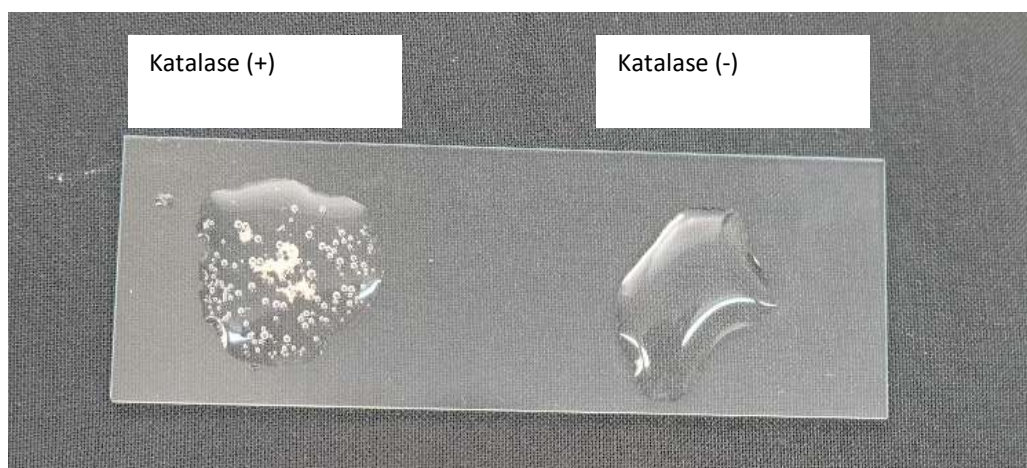
Perubahan warna pada media MSA disebabkan oleh *Staphylococcus aureus* menghasilkan senyawa lipokrom yang membuat koloninya berwarna kuning. Zona kuning yang terbentuk di sekitar koloni *Staphylococcus aureus* disebabkan oleh kemampuan untuk memfermentasi mannitol dan memproduksi senyawa fenol dan merubah pH menjadi asam yang kemudian mengubah warna media dari merah menjadi kuning (Fayisa & Tuli, 2024). Munculnya koloni berwarna hitam pada media BPA disebabkan karena bakteri ini menghasilkan enzim lipase yang terdiri dari senyawa *glycerol-ester-hydrolase* yang mampu melisiskan lemak dari *egg yolk tellurite* yang ditambahkan pada media (Juwita *et al.*, 2022).

Hasil pewarnaan Gram menunjukkan morfologi bakteri yang tumbuh pada media agar diduga adalah *Staphylococcus aureus* (Gambar 2). Penelitian oleh Ariyadi *et al.* (2023) dan Touaitia *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa koloni bakteri *Staphylococcus aureus* pada pewarnaan Gram menunjukkan morfologi bakteri Gram positif berwarna ungu yang berbentuk coccus dan berkelompok membentuk susunan seperti anggur. Warna ungu pada koloni bakteri Gram positif disebabkan karena koloni bakteri memiliki dinding sel yang terdiri dari peptidoglikan yang lebih tebal dibanding bakteri Gram negatif. Ketebalan peptidoglikan pada bakteri Gram positif adalah 20-80 nm sedangkan pada bakteri Gram negatif adalah 2-3 nm dan ditutupi membran lemak lapis ganda di bagian luarnya (Touaitia *et al.*, 2025).



Gambar 2. Hasil uji pewarnaan Gram Koloni bakteri *Staphylococcus aureus* sampel susu dari peternakan kambing tradisional di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. Pembesaran 100x

Uji katalase menunjukkan hasil positif untuk seluruh sampel yang diuji (Gambar 3). Hal ini memperkuat hasil identifikasi awal bakteri *Staphylococcus aureus* pada sampel yang diuji. *Staphylococcus aureus* bersifat katalase positif karena bakteri ini mensekresikan enzim katalase yang akan mengkatalisa penguraian hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi senyawa H_2O dan O_2 . Enzim katalase terbentuk dalam kondisi anaerob sehingga memungkinkan bakteri untuk bertahan dalam kondisi intra- dan ekstra selular (Fayisa & Tuli, 2024).



Gambar 3. Hasil uji katalase bakteri *Staphylococcus aureus* pada sampel susu dari peternakan kambing tradisional di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara

Uji koagulase pada koloni *Staphylococcus aureus* menunjukkan hasil positif (Gambar 4). Koagulase merupakan enzim yang dapat bereaksi dengan prothrombin dan derivatnya. Enzim ini disekresikan secara ekstraselular pada permukaan sel bakteri dan kemudian bersama-sama dengan protein pada dinding sel bakteri (clumping factor, fibronectin-binding protein, dan collagen-binding protein) berikatan dengan rantai alfa dan beta pada plasma fibrinogen dan membentuk fibrin yang ditandai dengan terbentuknya gumpalan. Gumpalan ini berfungsi sebagai pelindung dari proses fagositosis oleh sel imun pada proses infeksi bakteri dalam tubuh (Fayisa & Tuli, 2024).



Gambar 4. Diagram hasil uji resistensi antibiotik bakteri *Staphylococcus aureus* pada sampel susu dari peternakan kambing tradisional di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada sampel susu dari peternakan kambing perah tradisional di Provinsi Sumatera Utara diketahui bahwa bakteri ini menunjukkan pola respon berbeda terhadap antibiotik yang diberikan (Gambar 5). Dari total 31 isolat *Staphylococcus aureus* yang berhasil dikultur, 10 isolat (67%) resisten terhadap Amoksisilin, 12 isolat (80%) resisten terhadap Penisilin G dan 2 isolat (13%) resisten terhadap Tetrasiklin. Nilai resistensi *Staphylococcus aureus* terhadap penisilin di Kabupaten Langkat lebih tinggi daripada laporan resistensi penisilin pada susu kambing di Yogyakarta oleh Suwito *et al.*, (2021) yaitu sebesar 45%. Nilai resistensi tetrasiklin isolat bakteri *Staphylococcus aureus* di Kabupaten Langkat juga lebih tinggi dibandingkan laporan oleh Punamasari *et al.*, (2023) yang melaporkan tingkat resistensi *Staphylococcus aureus* terhadap tetrasiklin hanya sebesar 7.3%. Nilai resistensi

Staphylococcus aureus terhadap amoksisilin sejalan dengan laporan oleh Yosyana *et al.*, (2025) yang melaporkan nilai resistensi terhadap amoksisilin sebesar 13% pada isolat *Staphylococcus aureus* dari susu sapi di Yogyakarta dan Jawa tengah. Nilai resistensi antimikroba yang diperoleh pada penelitian ini juga berbeda dengan nilai resistensi yang dilaporkan oleh Lubna *et al.*, (2023) pada isolat *Staphylococcus aureus* dari susu sapi di Pakistan yaitu 100% terhadap penicillin, 72.72% terhadap tetrasiklin, dan 0% terhadap amoksisilin.

Menurut Yuan *et al.* (2025) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya resistensi antibiotik pada *Staphylococcus aureus* yaitu faktor mutasi genetik bakteri, faktor pemberian obat hewan yang tidak sesuai dengan anjuran pakai serta faktor lingkungan seperti cuaca yang turut mendukung peningkatan kemampuan bakteri untuk bertahan terhadap terapi antibiotik yang diberikan. Peningkatan potensi resistensi pada *Staphylococcus aureus* dapat dipengaruhi oleh metode pengendalian yang kurang tepat, status sosial ekonomi yang rendah dan karakteristik demografis individu (Cheng & Han, 2020; Mitevska *et al.*, 2021).

KESIMPULAN DAN SARAN

Ditemukannya bakteri *Staphylococcus aureus* pada sampel susu dari peternakan kambing perah tradisional di Kabupaten Langkat di Provinsi Sumatera Utara mengindikasikan bahwa peningkatan sanitasi peternakan dan pemerahan di kalangan peternakan kambing perah tradisional sangat diperlukan untuk menjamin keamanan pangan nasional. Nilai resistensi antibiotik bakteri *Staphylococcus aureus* yang diisolasi adalah 67% terhadap amoksisilin, 80% terhadap penisilin G dan 13% terhadap tetrasiklin. Nilai resistensi yang tinggi dari isolat *Staphylococcus aureus* yang ditemukan menunjukkan diperlukannya tindak pengawasan dan pelaksanaan tindak pengendalian infeksi, dan program edukasi terhadap masyarakat khususnya peternak sangat diperlukan untuk menurunkan prevalensi *Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap antibiotik dan meminimalisir risiko kesehatan masyarakat yang timbul akibat patogen ini di masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Pertanian Republik Indonesia atas dukungan pendanaan yang memungkinkan terlaksananya penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Balai Veteriner Medan atas penyediaan fasilitas laboratorium serta dukungan teknis selama proses penelitian. Penulis juga berterima kasih kepada seluruh instansi dan pihak terkait yang telah memberikan kontribusi, kerja sama, serta bantuan dalam berbagai bentuk sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, T., Kamran, R., Raziq, A., Wazir, I., Ullah, R., Shah, P., Ali, M. I., Han, B., & Liu, G. (2021). Prevalence of mastitis pathogens and antimicrobial susceptibility of isolates from cattle and buffaloes in the northwest of Pakistan. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 746755. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.746755>.
- Aliyi, M. B. (2023). Review on goat mastitis and associated bacterial zoonoses in raw milk from mastitis-infected dairy goat. *Advances in Dairy Science Research*, 1(1), 30–38.
- Aswin, R. K., Ramandinianto, S. C., & Effendi, M. H. (2020). A review of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (LA-MRSA) on bovine mastitis. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(7).
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Metode pengujian cemaran mikroba dalam daging, telur dan susu, serta hasil olahannya*. Badan Standardisasi Nasional.
- Budiarso, T. Y., Prihatmo, G., Restiani, R., Pakpahan, S., & Sari, L. (2019). Detection of *Staphylococcus aureus* producing enterotoxin A on the skewers meatballs product in Yogyakarta City, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1397, 012044.
- Cheng, W. N., & Han, S. G. (2020). Bovine mastitis: Risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments – A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33, 1699–1713.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). Performance standards for antimicrobial susceptibility testing (30th ed.; *CLSI supplement M100*). Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Fayisa, W. O., & Tuli, N. F. (2023). Review on *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Nursing Care and Research*, 1(2), 1–8.
- Juwita, S., Indrawati, A., Damajanti, R., Safika, S., Mayasari, N. M. D. A. (2022). Genetic relationship of *Staphylococcus aureus* isolated from humans, animals, environment, and Dangke products in dairy farms of South Sulawesi Province, Indonesia. *Veterinary World*, 15, 558-564. [10.14202/vetworld.2022.558-564](https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.558-564).

- Kitila, G., Kebede, B., & Moti, W. (2021). Prevalence, aetiology and risk factors of mastitis of dairy cows kept under extensive management system in West Wollega, western Oromia, Ethiopia. *Veterinary Medicine and Science*, 7, 1593–1599.
- Lubna, Hussain, T., Shami, A., Rafiq, N., Khan, S., Kabir, M., Khan, N. U., Khattak, I., Kamal, M., & Usman, T. (2023). Antimicrobial usage and detection of multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*: Methicillin- and tetracycline-resistant strains in raw milk of lactating dairy cattle. *Antibiotics*, 12(4), 673. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12040673>
- Mitevka, E., Wong, B., Surewaard, B. G. J., & Jenne, C. N. (2021). The prevalence, risk, and management of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in diverse populations across Canada: A systematic review. *Pathogens*, 10(4), 393.
- Nisa, H. C., Purnomo, B., Damayanti, T., Hariadi, M., Sidik, R., & Hrijani, N. (2019). Analysis of factors affecting the incidence of subclinical and clinical mastitis in dairy cows (Case study at Dana Mulya Agribusiness Cooperative, Pacet District, Mojokerto Regency). *Ovozoa*, 8(1), 66–70.
- Praja, R. N., Edila, R., Yudhana, A., Saputro, A. L., Hamonangan, J. M., & Praja, S. S. (2024). Short communication: Investigation of *mecA*-positive and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in dairy goat with subclinical mastitis from traditional farms in Banyuwangi, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(4), 1638–1643.
- Purnamasari, I., Suwarno, & Tyasningsih, W. (2023). Identification of *Staphylococcus* sp. and antibiotic resistance in Tukur District, Pasuruan. *Jurnal Medik Veteriner*, 6, 93–104.
- Salwan, R., & Sharma, V. (2023). Laboratory methods in microbiology and molecular biology: Methods in molecular microbiology (1st ed.). Academic Press.
- Sistem Kesehatan Hewan Nasional. (2024, Oktober 30). Laporan pengobatan. Diakses dari <https://www.isikhnas.com/id/root?id=278>
- Suwito, W., Nugroho, W. S., Wahyuni, A. E. T. H., & Sumiarto, B. (2021). Antimicrobial resistance in coagulase-negative staphylococci isolated from subclinical mastitis in Ettawa crossbred goat (PE) in Yogyakarta, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(6), 3418–3422.
- Tong, X., Barkema, H. W., Nobrega, D. B., Xu, C., Han, B., Zhang, C., Yang, J., Li, X., & Gao, J. (2025). Virulence of bacteria causing mastitis in dairy cows: A literature review. *Microorganisms*, 13(1), 167.
- Touaitia, R., Mairi, A., Ibrahim, N. A., Basher, N. S., Idres, T., & Touati, A. (2025). *Staphylococcus aureus*: A review of the pathogenesis and virulence mechanisms. *Antibiotics*, 14(5), 470.
- Yosyana, A. R. P., Salasia, S. I. O., Wasissa, M., Alhadz, G. G., & Aziz, F. (2025). Deteksi resistensi antibiotik *Staphylococcus aureus* isolat asal sapi perah dan hewan kesayangan di Yogyakarta dan Jawa Tengah, Indonesia. *Jurnal Sain Veteriner*, 43(1), 20–33.

Yuan, H., Xu, J., Wang, Y., Li, Y., Hao, Y., Long, J., Liu, F., Zhu, J., & Yang, H. (2025).
The global antimicrobial resistance trends of *Staphylococcus aureus* and
influencing factors. *Microbiology Research*, 16(6), 118.