

**Identifikasi dan Karakterisasi Resistansi
Antibiotik pada Bakteri *Staphylococcus aureus*
Asal Susu Segar Kambing Sapera di Sleman, Yogyakarta**

(IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION ANTIBIOTIC
RESISTANCE OF *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*
FROM SAPERA GOAT RAW MILK IN SLEMAN, YOGYAKARTA)

**Charoline Fatih Pitaloka, Mery Suryaningrum,
Hafidza Fanazira Ardani, Ardelia Dwi Krisnanda,
Intan Tafta Sari, Grace Adventnia Sabath Ningtyas,
Morsid Andityas, Fatkhanuddin Aziz***

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Veteriner,
Departemen Teknologi Hayati dan Veteriner,
Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Yacarana, Sekip Unit II, Bulaksumur,
Caturtunggal, UGM, Yogyakarta, Indonesia 55281
*Email: fatkhanuddin.aziz@mail.ugm.ac.id

ABSTRACT

Staphylococcus aureus (*S. aureus*) is a Gram-positive bacterium that causes a variety of diseases in both animals and humans. It is widely recognized as a major causative agent of mastitis in dairy livestock, leading to significant economic losses. In humans, *S. aureus* can cause food poisoning through the consumption of contaminated animal-based food products. This study was aimed to identify and characterize the antibiotic resistance profiles of *S. aureus* isolated from raw milk of Sapera goats collected from eight goat farms (caprinery) in Sleman Regency, Yogyakarta. A total of 196 raw milk samples were analyzed through microbiological methods and confirmed by molecular testing. Antibiotic susceptibility testing was conducted using the Kirby–Bauer disk diffusion method. The results revealed that 8.1% of the milk samples tested positive for *S. aureus*. Among these, 12.5% of the isolates were resistant to penicillin G (β -lactams), 6.25% to tetracyclines, and 6.25% to lincosamides. Conversely, all isolates remained susceptible to fluoroquinolones, macrolides, aminoglycosides and chloramphenicol. The presence of *S. aureus* in raw milk highlights potential risks for both animal health through mastitis and human health via foodborne illness. Effective control of *S. aureus* contamination in milk is essential to safeguard both livestock and consumers.

Keyword: Antibiotic resistance; raw milk; *S. aureus*; Sapera goats

ABSTRAK

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram positif yang menyebabkan berbagai infeksi pada hewan dan manusia. Pada ternak perah, bakteri ini dikenal sebagai penyebab utama mastitis yang menimbulkan kerugian ekonomi, sementara pada manusia dapat menyebabkan keracunan makanan melalui produk pangan asal hewan yang terkontaminasi. Hingga saat ini, laporan tentang deteksi *S. aureus* pada kambing Sapera masih terbatas. Selain itu, *S. aureus* dikenal telah resisten terhadap berbagai golongan antibiotik, sehingga menimbulkan tantangan dalam pengendalian dan pengobatannya. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dan mengkarakterisasi profil resistansi antibiotik *S. aureus* yang diisolasi dari susu segar kambing sapera di Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Sebanyak 196 sampel susu mentah dikumpulkan dari delapan peternakan dan dilakukan identifikasi *S. aureus* melalui uji mikrobiologi serta konfirmasi molekuler. Uji sensitivitas antibiotik dilakukan menggunakan metode difusi cakram Kirby-Bauer terhadap beberapa kelas antibiotik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 8,1% sampel susu positif mengandung *S. aureus*. Dari isolat tersebut, 12,5% resistan terhadap penisilin G (beta-laktam), 6,25% terhadap tetrasiklin dan 6,25% terhadap linkosamida. Namun demikian, semua isolat masih peka terhadap fluoroquinolone, makrolida, aminoglikosida, dan kloramfenikol. Keberadaan *S. aureus* yang resistan terhadap antibiotik dalam susu kambing segar menjadi ancaman bagi kesehatan ternak maupun konsumen. Oleh karena itu, pengendalian kontaminasi *S. aureus* dalam susu sangat penting dilakukan untuk menjaga kesehatan hewan dan keamanan pangan.

Kata-kata kunci: resistansi antibiotik; *S. aureus*; susu segar; kambing sapera

PENDAHULUAN

Susu merupakan minuman kaya nutrisi yang baik dikonsumsi manusia. Susu diperoleh dari hewan ternak seperti sapi, kambing, domba, kuda, kerbau dan unta (Osman *et al.*, 2019; Guntoro *et al.*, 2023; Mohottige *et al.*, 2025). Susu kambing mudah dicerna dan struktur proteinnya lebih halus dibanding susu sapi, kandungan laktosa lebih rendah, sehingga cocok untuk penderita intoleransi laktosa dan mengandung prebiotik alami, sehingga dapat membantu pertumbuhan bakteri baik di usus. Menurut Algammal *et al.* (2020), selain kandungan nutrisi dalam susu yang baik untuk dikonsumsi, diketahui juga susu merupakan media yang baik bagi pertumbuhan bakteri patogen dan dapat menjadi sumber penyakit sehingga mengganggu kesehatan manusia atau dikenal sebagai *milk-borne infections*. Bakteri patogen tersebut di antaranya *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni*, *Brucella* spp., dan *Shigella* spp. (Kapoor *et al.*, 2023; Islam *et al.*, 2024; Mantovam *et al.*, 2025).

Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri Gram positif penyebab berbagai penyakit serius bagi hewan dan manusia (Miyake *et al.*, 2022; Sato'o *et al.*, 2024). Bakteri *S. aureus* dikenal tersebar luas di seluruh dunia sebagai penyebab radang ambing atau mastitis pada ternak perah, menyebabkan kerugian ekonomi berupa penurunan drastis produksi susu karena kerusakan alveoli kelenjar ambing atau *glandula mammae*, berkurangnya masa laktasi, peningkatan biaya pengobatan dan meningkatnya potensi afkir dini (Nielsen, 2009; Bari *et al.*, 2022; Fidelis *et al.*, 2024). Selain menyebabkan mastitis pada ternak, *S. aureus* diketahui dapat mengkontaminasi produk-produk asal hewan seperti susu, daging dan olahan lainnya yang dapat menyebabkan keracunan makanan pada manusia. Akibat keracunan tersebut gejala yang muncul dapat berupa mual, muntah, diare dan toksik sindrom (Hu dan Nakane, 2014; Sato'o *et al.*, 2024).

Bakteri *S. aureus* diketahui memproduksi berbagai macam enterotoksin yang stabil terhadap pemanasan dan enzim pencernaan seperti pepsin dan tripsin (Aziz

et al., 2020; Ono *et al.*, 2015). Laporan kasus keracunan makanan oleh kontaminasi *S. aureus* dalam susu dan olahannya telah dilaporkan di banyak negara seperti Jepang, Brazil, Swiss, dan Norwegia (Asao *et al.*, 2003; Verraes *et al.*, 2015). Keberadaan *S. aureus* dalam susu segar tetap menjadi perhatian, mengingat *S. aureus* berpotensi berkembang dan menyebabkan mastitis, apabila tidak dikendalikan dengan baik. Resistansi terhadap antibiotik yang telah muncul dapat menjadi ancaman bagi kesehatan hewan dan manusia.

Kambing sapera merupakan salah satu ternak perah penghasil susu yang semakin diminati masyarakat Indonesia. Kambing Sapera tersebut merupakan hasil persilangan antara kambing saanen dan kambing peranakan etawa (PE), sehingga mempunyai gabungan keunggulan dari kedua tetua atau parentalnya (Lailiyah *et al.*, 2018). Produksi susu kambing Sapera berkisar 1,4-2,1 liter per hari, lebih tinggi dari kambing PE dengan produksi 0,8-1,2 liter per hari (Rusdiana *et al.*, 2015). Gangguan pada ternak perah, umumnya, *S. aureus* memberikan potensi nyata sebagai salah satu agen utama penyebab mastitis pada ruminansia kecil, termasuk kambing Sapera. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa *S. aureus* telah terdeteksi dari susu segar kambing PE dengan prevalensi 30,0 hingga 37,5 % (Dai *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2024). Namun demikian, prevalensi *S. aureus* dari susu segar kambing sapera belum banyak dilaporkan. Gambaran infeksi *S. aureus* dari susu (segar) kambing sapera perlu dikaji lebih dalam, khususnya di wilayah penghasil susu kambing seperti Sleman Yogyakarta, sebagai informasi penting bagi tenaga medis kesehatan hewan dan manusia.

Berdasarkan permasalahan tersebut, selain sifat patogen *S. aureus* pada hewan dan manusia, diketahui bakteri tersebut telah resistan terhadap berbagai macam antibiotik, sehingga dapat menyebabkan pengendalian penyakit menjadi lebih sulit dilakukan (Bissong *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2022; Song *et al.*, 2024). Informasi prevalensi dan karakter resistansi antibiotik isolat *S. aureus* asal susu segar kambing sapera diharapkan

memberikan gambaran potensi ancaman *S. aureus* sebagai salah satu patogen penting bagi ternak perah dan manusia, bermanfaat dalam upaya pencegahan, pengendalian dan pengobatan infeksi *S. aureus*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengetahui karakter sifat resistansi *S. aureus* dari susu segar kambing Sapera di beberapa peternakan di daerah Sleman, Yogyakarta, dilanjutkan uji resistansi antibiotik.

METODE PENELITIAN

Koleksi Sampel

Penelitian ini mengadopsi desain studi *cross-sectional* untuk mendeteksi prevalensi dan mengkarakterisasi profil resistansi antibiotik *S. aureus* yang diisolasi dari susu mentah kambing Sapera. Sampel dikumpulkan pada satu titik waktu untuk memberikan gambaran prevalensi kejadian pada populasi yang diteliti. Teknik *purposive sampling* digunakan dalam penentuan sampel. Kriteria inklusi untuk peternakan adalah memiliki kambing jenis sapera yang sedang dalam masa laktasi, berlokasi di wilayah Kabupaten Sleman, Yogyakarta dan bersedia berperan serta dalam penelitian. Kriteria inklusi untuk individu kambing adalah betina dan sedang dalam periode laktasi aktif. Sampel susu segar berhasil dikoleksi dari delapan peternakan kambing Sapera yang memenuhi kriteria tersebut. Penentuan besar sampel dilakukan berdasarkan rumus estimasi proporsi populasi ($n = (Z^2 \times P \times (1-P)) / e^2$), dengan tingkat kepercayaan 95% ($Z=1.96$), presisi (e) 6.6%, dan prevalensi (P) *S. aureus* pada susu kambing dari penelitian sebelumnya sebesar 27.59% (Windria *et al.*, 2020). Besar sampel minimal yang dibutuhkan adalah 177 sampel. Dengan penambahan 10% untuk mengantisipasi potensi bias atau kehilangan sampel, jumlah sampel minimal yang dibutuhkan menjadi 195 sampel. Angka 196 sampel yang terkumpul sudah memenuhi kriteria ini.

Sebanyak 196 sampel susu segar

dikoleksi dari delapan peternakan kambing sapera yang berada di wilayah Sleman Yogyakarta. Sampel dikoleksi secara asep-tis dengan membersihkan puting susu menggunakan alkohol 70% sebelum dipe-rah, selanjutnya pancaran susu pertama dan kedua dibuang terlebih dahulu. Sampel susu diambil sama banyak dari puting kanan dan kiri, ditampung pada tabung 1,5 mL steril yang sama. Sampel yang diperoleh diberi label, dimasukkan ke dalam plastik *ziplock* dan kemudian disimpan di dalam *cool box* berisi *ice pack* untuk selanjutnya dilakukan uji mikrobiologi setelah sampai di laboratorium (Middleton et al., 2017).

Isolasi dan identifikasi bakteri *S. aureus*.

Isolasi bakteri dan identifikasi fenotipik *S. aureus* mengikuti metode yang dilakukan sebelumnya (Quin et al., 2011; Aziz, 2013). Sampel susu dikultur pada medium selektif *Mannitol Salt Agar* (Thermo Scientific™, Mannitol Salt Agar or Chapman Medium, Oxoid, Cheshire, Inggris), kemudian dilakukan identifikasi melalui pewarnaan Gram (Gram Staining Kit, Himedia, Mumbai, Maharashtra, India), uji katalase, koagulase, uji gula-gula (sukrosa dan glukosa) dan uji Voges-Proskauer (VP) (MR-VP Broth™, Merck, Darmstadt, Jerman). Pengamatan pertumbuhan bakteri dilakukan setelah media diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C.

Ekstraksi DNA

Isolat dengan karakter fenotipik *fermented* manitol, positif pada uji: katalase, koagulase, VP dan gula-gula, kemudian ditumbuhkan pada media *Trypticase Soya Agar* (TSA, Himedia, Mumbai Maharashtra, India) untuk dilakukan ekstraksi DNA. Ekstraksi DNA bakteri dilakukan menggunakan *Presto™ Mini gDNA Bacteria Kit* (Geneaid Biotech Ltd, New Taipei City, Taiwan). Sebanyak 5-10 koloni tunggal dikumpulkan menggunakan ose steril dan dimasukkan ke dalam tabung eppendorf 1,5 mL steril yang berisi 200 µL Gram + *buffer*. Sebanyak 2 µL *lysostaphin* (Lysostaphin™, Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, Amerika Serikat) 5 mg/mL, ditambahkan dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit, campuran *divortex*

setiap 10 menit. Proteinase K (Proteinase K™, Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, Amerika Serikat) 25 mg/mL, sebanyak 20 µL ditambahkan dan campuran tersebut diinkubasi kembali pada suhu 60°C selama 10 menit.

Dinding sel *S. aureus* dilisiskan sempurna menggunakan 200 µL guanidine bisulfida (GB) *buffer* dan diinkubasi pada suhu 70°C selama 10 menit. Sebanyak 200 µL ethanol absolut (Ethanol Absolute™, Merck, Darmstadt,) ditambahkan ke dalam campuran dan *divortex*. Kontaminan DNA dieliminasi menggunakan 400 µL *wash buffer* 1 (W1 *buffer*) dan 600 µL *wash buffer* dengan sentrifugasi pada kecepatan 14.000 rpm selama 30 detik. Guanidin disulfide (GD) *column* disentrifugasi kembali dengan kecepatan 14.000 rpm selama tiga menit untuk mengeringkan matriks *column*. Terakhir, DNA dielusi dalam 100 µL *elution buffer* (*preheated* 70°C) dan disimpan pada suhu minus 20°C sampai digunakan.

Identifikasi Molekuler 23S rRNA *S. aureus*

Penentuan spesies isolat pada uji fenotipik tersebut, dikonfirmasi dengan gen target 23S rRNA yang spesifik spesies *S. aureus* (Straub et al., 1999). Sebanyak 25 µL campuran *polymerase chain reaction* (PCR) dalam 0,2 mL PCR *tube* (Biologix Research Co., Jinan, Shandong, Tiongkok) terdiri atas 12,5 µL mastermix (My Taq™ HS Red Mix, Meridian Life Science Inc., Cincinnati, Ohio, Amerika Serikat), 1 µL primer *forward* (10 pmol/µL), 1 µL primer *reverse* (10 pmol/µL), 8,5 µL DDH₂O, dan 2 µL DNA *template*. Primer *forward* yang digunakan 5'-ACG GAG TTA CAA AGG ACG AC-3', sedangkan *reverse* 5'-AGC TCA GCC TTA ACG AGT AC-3', (Integrated DNA Technologies, Inc. IDT, Singapura). Campuran kemudian dihomogenkan dan disentrifus beberapa detik lalu *tube* dimasukkan ke dalam *thermal cycler* (SelectCycler II Thermal Cycler™, Select BioProducts, Taipei, Taiwan).

Gen target diamplifikasi sebanyak 35 siklus dengan program PCR

predenaturasi 95°C selama dua menit, denaturasi 95°C selama 30 detik, *annealing* 60°C selama 30 detik, ekstensi 72°C selama 15 detik, dan post-ekstensi 72°C selama lima menit. Senyawa DNA dari isolat *S. aureus* dengan kode American Type Culture Cell (ATCC) 25923 milik Balai Besar Veteriner Wates, Kementerian Pertanian RI digunakan sebagai kontrol positif PCR, sedangkan DDH₂O sebagai kontrol negatif. Hasil amplifikasi PCR diseparasi menggunakan 1,5% gel agarose (AgaroseTM, HiMedia, Mumbai, Maharashtra, India) dalam Tris-borate-EDTA (TBE) buffer dengan komposisi 89 mM Tris (pH 7.6) (Tris Base, Himedia, Mumbai Maharashtra, India), 89 mM asam borat (Boric Acid BioultraTM, (Sigma-Aldrich, St. Louis, Mis-souri, Amerika Serikat Aldrich), dan 2 mM EDTA (Hi-ARTM, HiMedia, Mumbai Maharashtra, India), dan pewarna fluoresens untuk mewarnai DNA (FluoroVueTM, SMOBIO Technology Inc, Hsinchu, Taiwan).

Sebanyak 10 µL produk PCR dan 5 µL 100 bp DNA ladder (AccuBand DM2400TM, SMOBIO Technology Inc., Hsinchu, Taiwan) dimasukkan ke dalam sumuran berbeda, kemudian dielektroforesis menggunakan *submarine electrophoresis system* (Mupid-exUTM, Mupid Co Ltd, Tokyo, Jepang) selama 20 menit dengan tegangan 135 volt. Keberadaan ampikon 23S rRNA divisualisasi di atas *Light Emitting Diode* (LED) *Transilluminator* (BlupadTM, Bio-Helix, New Taipei City, Taiwan). Pita DNA yang muncul kemudian dibandingkan dengan DNA ladder untuk menentukan ukuran produk PCR.

Uji Resistansi Antibiotik

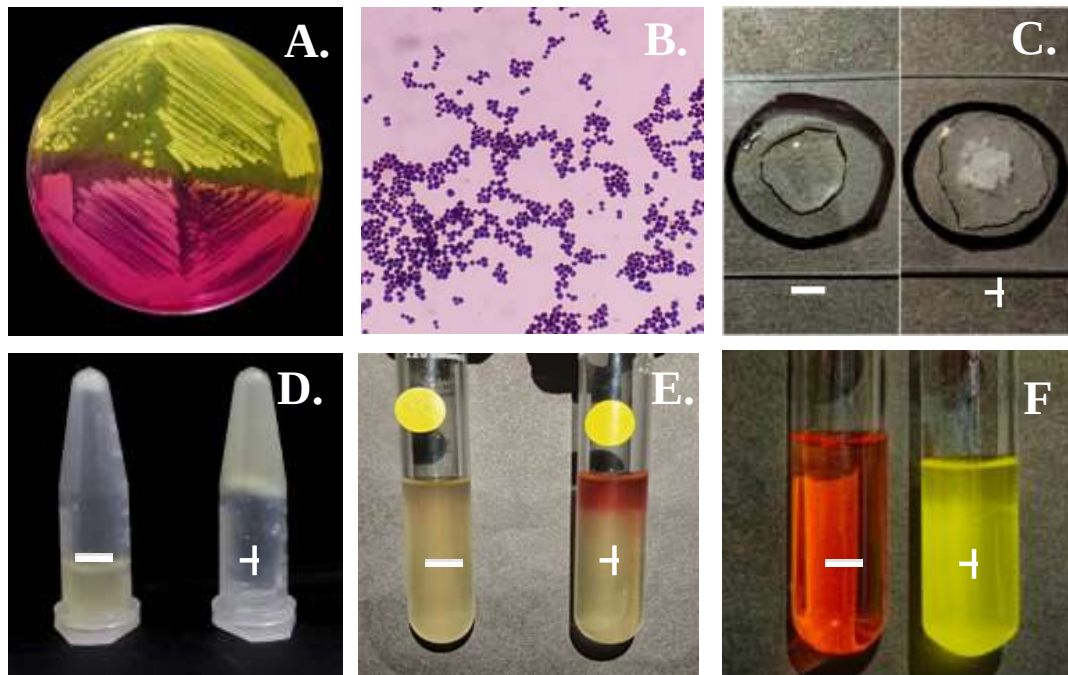
Karakter resistansi *S. aureus* terhadap antibiotik ditentukan dengan metode agar *disc diffusion test* (Kirby-Bauer) terhadap golongan beta-laktam (Penisilin G 10 units), fluoroquinolone (ciprofloxacin 5 µg), makrolida (erythromycin 15 µg), linkosamide (lincomycin 2 µg), tetrasiklin (tetrasiklin 10 µg), aminoglikosida (gentamycin 10 µg), dan kloramfenikol (chloramphenicol 30 µg). Isolat terlebih dahulu ditanam pada media *Tryptone Soya Agar* (Himedia, India) dan diinkubasi

overnight pada suhu 37°C. Kultur isolat kemudian diencerkan dengan *Muller Hinton Broth* (Oxoid, USA) sesuai standar kekeruhan 0.5 Mc Farland, setelah itu diambil 100 µl dan diinokulasi pada media *Muller Hinton Agar* (MHA) (Oxoid, USA) dengan teknik sebar menggunakan ose segitiga. *Antimicrobial disc* (OxoidTM *Antimicrobial Susceptibility Disks*, Inggris) diletakkan di atas media MHA kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Zona hambat bakteri diukur (mm) menggunakan jangka sorong digital dan data yang diperoleh dibandingkan dengan referensi *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) version M100 ED30.

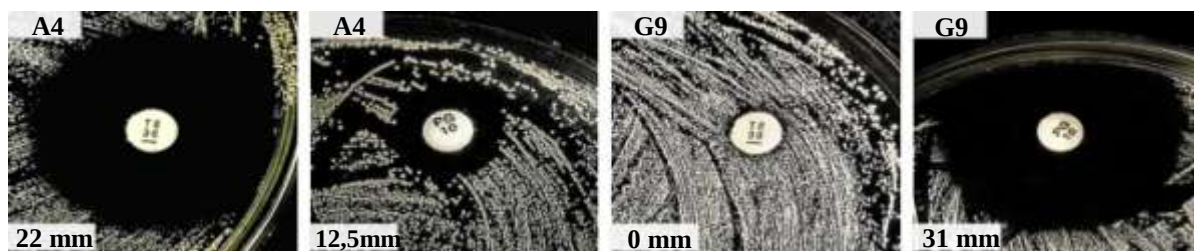
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi mikrobiologi dan peneguhan dengan teknik PCR menunjukkan bahwa, sebesar 8,1% (16/196) sampel susu segar positif *S. aureus* (Tabel 1). Secara fenotipik, 16 isolat *S. aureus* tersebut mempunyai karakter memfermentasi gula manitol pada media MSA, ditunjukkan dengan terjadinya perubahan warna media dari merah menjadi kuning di sekitar koloni (Gambar 1a), Gram positif dengan sel berbentuk *coccus*, berwarna ungu dan bergerombol seperti anggur (Gambar 1b), positif uji katalase ditandai dengan terbentuknya gelembung udara (Gambar 1c), positif uji koagulasi ditandai dengan terbentuknya gumpalan di dasar tabung (Gambar 1d), positif uji gula-gula sukrosa dan glukosa, ditandai dengan terjadinya perubahan warna media dari merah menjadi kuning (1e), dan positif uji VP, ditandai terbentuknya cincin merah di atas larutan (Gambar 1f). Menurut Quin *et al.* (2011); Girmay *et al.* (2020) dan Salauddin *et al.* (2020), *S. aureus* dapat menggunakan manitol, sukrosa, dan glukosa sebagai sumber energi, mampu tumbuh pada media yang mengandung sebesar 7,5% sodium klorida, lapisan peptidoglikan dinding sel yang tebal sehingga mengikat kuat zat warna kristal ungu (violet), mengkatalis

H₂O₂ menjadi air dan gelembung udara menggumpalkan plasma kelinci, dan dengan enzim katalase yang diproduksi,



Gambar 1. Isolasi dan identifikasi mikrobiologi *S. aureus* asal susu kambing sapera. Sifat fermentasi manitol (a), Pewarnaan Gram (b), Uji katalase (c), Uji koagulase (d), uji VP (e), Uji gula-gula (f). Hasil uji negatif atau positif, ditunjukkan dengan simbol (-/+) pada gambar.



Gambar 2. Determinasi sifat resistansi antibiotik dengan metode Kirby-Bauer. Isolat dengan kode A4 dan G9 dipilih untuk merepresentasikan sifat resistan terhadap golongan beta-laktam dan tetrasiklin. Hasil pengukuran diameter zona hambat antibiotic ditunjukkan dalam skala milimeter (mm).

kemampuan menghasilkan metabolit asetil-metil karbinol dari memfermentasi glukosa.

Meskipun hasil pengujian mikrobiologi mengarah pada identifikasi bakteri *S. aureus*, namun untuk meneguhkan spesies yang spesifik, perlu dilakukan uji molekuler dengan pilihan gen target seperti 16S rRNA, 23S rRNA, thermonuclease (*nuc*) dan protein prekursor biosintesis peptide-glikan (*femA*) (Martineau *et al.*, 1998; Straub *et al.*, 1999; Vannuffel *et al.*, 1999). Pada penelitian ini,

dari hasil elektroforesis produk PCR diketahui

16 isolat terkonfirmasi spesies *S. aureus*. Pada Gambar 3 ditunjukkan produk PCR sekitar 1250 bp pada gen target 23S rRNA dari *S. aureus* yang sesuai dengan referensi (Straub *et al.*, 1999). Hasil penelitian menunjukkan prevalensi *S. aureus* dari susu segar kambing Sapera se-besar 8,1%, hal tersebut lebih rendah di-banding laporan penelitian Mahari *et al.* (2020) bahwa pada kasus mastitis subklinis kambing Sapera sebesar 36%.

Hal yang sama juga dilaporkan pada spesies ruminasia kecil lainnya, secara berurutan prevalensi *S. aureus* pada susu segar kambing PE di Kabupaten Aceh Besar dilaporkan sebesar 30% (Nopiosi *et al.*, 2022), sebesar 33,3% di Kabupaten Sumedang, (Pradini *et al.*, 2021) dan sebesar 37,5% di Kabupaten Sleman (Suwito *et al.*, 2018). Penelitian lain terkait dengan kasus mastitis pada kambing PE, dilaporkan secara berurutan sebesar 45% di Kabupaten Kulon Progo (Dewi, 2013), 64,5% di Kabupaten Banyuwangi (Faizah *et al.*, 2023) dan sebesar 94% di Kabupaten Banyuwangi (Hayati *et al.*, 2019). Berdasarkan laporan tersebut, *S. aureus* diketahui lebih banyak terisolasi dari sampel susu kasus mastitis dibandingkan dari susu segar.

Patogenesis penyakit dapat dipahami dengan mengamati manifestasi gejala klinis dan termasuk perubahan makro-mikroskopis susu mastitis, karena hal tersebut bisa diasosiasikan dengan peningkatan jumlah patogen yang menginfeksi (Gyles dan Prescott, 2010; Roberson, 2012). Keberadaan *S. aureus* pada ambing sehat juga perlu mendapat perhatian para peternak, karena bakteri tersebut dapat berkembang dan menyebabkan gejala klinis mastitis apabila tidak segera dilakukan pencegahan dan penanganan yang tepat (Bar-kema *et al.*, 2006). Hal-hal sangat penting (krusial) lainnya yang perlu diperhatikan adalah potensi bahaya bagi masyarakat mengonsumsi susu segar yang tanpa disadarinya positif *S. aureus*. Secara makroskopis, susu segar tampak normal tanpa adanya kelainan seperti susu dari ternak yang mengalami mastitis. Peternak umumnya membuang susu dari ternak mastitis, karena tidak layak dikonsumsi dan mengakibatkan peternak mengalami kerugian (Nielsen, 2009; Pradini *et al.*, 2021).

Penentuan Resistansi Antibiotik

Penanganan utama pada infeksi *S.*

aureus adalah terapi antibiotik. Namun demikian, perkembangan resistansi *S. aureus* terhadap antibiotik menjadi masalah besar dalam pengobatan infeksi bakteri, baik di peternakan, rumah sakit maupun di masyarakat (Bruce *et al.*, 2022). Bakteri *S. aureus* diketahui luas dapat mengembangkan resistansi melalui berbagai mekanisme, seperti mutasi genetik, transfer gen resistansi melalui plasmid, serta modifikasi target antibiotik (Lowy, 2003; Alibayov *et al.*, 2014). Resistansi *S. aureus* asal susu segar kambing perah terhadap golongan beta-laktam, tetrasiklin, makrolida, sulfonamide dan cephalosporin telah dilaporkan sebelumnya oleh Purnomo *et al.* (2006); Suwito *et al.* (2017); dan Santosa *et al.* (2021).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, sebesar 19% (3/16) isolat *S. aureus* yang diuji telah memiliki sifat resistansi terhadap antibiotik. Lebih detail, sebesar 12,5% isolat resistan terhadap golongan beta-laktam, sebesar 6,25% terhadap tetrasiklin, dan sebesar 6,25% terhadap linkosamid (Tabel 2). Antibiotik yang masih efektif terhadap isolat yang diuji dan tidak ditemukan resistansi terhadap golongan fluoroquinolone, makrolida, aminoglikosida, dan klor-amfenikol

Pada Gambar 2 ditunjukkan representasi hasil uji Kirby-Bauer pada isolat yang memiliki sifat resistan dan non-resistan pada antibiotik beta-laktam dan tetrasiklin. - ini menunjukkan 16 isolat yang diuji masih sensitif terhadap golongan fluoroquinolone, makrolida, aminoglikosida dan kloramfenikol. Hal ini menunjukkan bahwa *S. aureus* asal susu segar kambing sapera, menunjukkan sifat resistansi terhadap berbagai jenis anti-biotik. Antibiotik golongan beta-laktam dan tetrasiklin umum digunakan sebagai pilihan utama pengobatan ternak ruminansia di Indo-nesia. Ren *et al.* (2020) melaporkan penggunaan antibiotik golongan beta-laktam secara luas pada pengobatan ternak perah yang menderita.

Tabel 1. Isolasi dan identifikasi *S. aureus* asal susu kambing Sapera

No	Kode Sampel	Hasil MSA	Pewarnaan Gram	Uji Katalase	Uji Koagulase	Uji VP	Uji Sukrosa	Uji Glukosa	PCR 23S rRNA <i>S. aureus</i>	Resistensi
1.	A1	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	Penisilin
2.	A4	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	Penisilin, Lincomycin
3.	A5	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-
4.	A6	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-
5.	A16	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
6.	A23	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
7.	C5	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
8.	C6	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
9.	D10	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
10.	D11	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
11.	D21	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
12.	F4	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
13.	G9	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	Tetrasiklin
14.	G10	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
15.	G41	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
16.	H3	<i>Fermented</i>	<i>coccus</i> (+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	

Tabel 2. Data uji resistansi 16 isolat *Staphylococcus aureus*

No	Golongan Antibiotik	Jenis Antibiotik	Resistensi (%)
1	Beta-laktam	Penisilin G	12,5
2	Amino-glikosida	Gentamycin	0
3	Makrolida	Erythromycin	0
4	Tetrasiklin	Tetrasiklin	6,25
5	Fluoroquinolone	Ciprofloxacin	0
6	Kloramfenikol	Chloramphenicol	0
7	Lincosamide	Lincomycin	6,25



Gambar 3. Visualisasi produk PCR untuk deteksi spesies *S. aureus*. Deteksi gen target 23S rRNA *S. aureus* ditunjukkan dengan keberadaan produk PCR dengan ukuran sekitar 1250 bp. Penentuan ukuran produk PCR dilakukan dengan 100 bp DNA ladder.

Keadaan tersebut telah memicu resistansi *S. aureus* di Tiongkok dan Turkiye. Hal tersebut memicu berkembangnya resistansi bakteri penyebab penyakit karena penggunaan antibiotik yang sama secara berulang. Tingkat resistansi *S. aureus* asal susu segar kambing Sopera pada penelitian ini lebih rendah dari beberapa laporan penelitian sebelumnya. Suwito *et al.* (2017) melaporkan tingkat resistansi *S. aureus* pada kambing perah sebesar 30% untuk beta-laktam dan

10% untuk tetrasiklin. Santosa *et al.* (2021) menunjukkan tingkat resistansi yang lebih tinggi, dengan persentase resistansi *S. aureus* masing-masing sebesar 100% terhadap beta-laktam dan tetrasiklin. Tidak terbatas pada ruminansia kecil, resistansi isolat *S. aureus* pada ternak perah lainnya terhadap beta-laktam dan tetrasiklin juga telah dilaporkan di berbagai negara lain (Moroni *et al.*, 2006; Kumar *et al.*, 2011; Girmay *et al.*, 2020; Salauddin *et al.*, 2020). Beberapa laporan hasil penelitian menunjukkan adanya mutasi terutama pada gen *blaZ* yang menyandi *penicillin binding protein*, sehingga, memicu sifat resistansi *S. aureus* terhadap antibiotik beta-laktam (Roberson, 2012).

Resistensi *S. aureus* terhadap golongan tetrasiklin terjadi melalui mekanisme *active efflux*, disandi gen *tetK* dan *tetL* yang berada di plasmid dan proteksi ribosom oleh protein yang disandi *tetM* atau *tetO* yang terletak di kromosom atau *mobile genetic element* transposon (Martini *et al.*, 2017; Bruce *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023). Selain dua antibiotik tersebut, pada penelitian ini juga ditemukan isolat yang telah resistan terhadap golongan linkosamid. Kang *et al.* (2024), melaporkan telah terjadi resistansi *S. aureus* asal ternak perah terhadap golongan linkosamid. Antibiotik golongan linkosamid bekerja dengan cara mengikat 23S RNA dari 50S subunit ribosom, sehingga sintesis protein menjadi terhambat.

Isolat A4 telah resistan terhadap dua jenis antibiotik yaitu beta-laktam dan linkosamid. Sifat multiresisten tersebut membuat pengobatan menjadi sulit dilakukan karena terbatasnya pilihan jenis antibiotik yang dapat digunakan oleh tenaga kesehatan. Kontras dengan berbagai jenis antibiotik tersebut, seluruh isolat *S. aureus* pada penelitian ini masih peka terhadap golongan fluoroquinolone, makrolida, aminoglikosida dan kloramfenikol. Antibiotik golongan quinolone seperti ciprofloxacin juga dilaporkan efektif terhadap *S. aureus* asal susu mastitis di Iran (Jamali *et al.*, 2014) dan Pakistan (Nam *et al.*, 2011). Meskipun *S. aureus* asal susu kambing Sopera masih sensitif terhadap 4 golongan antibiotik tersebut dan dapat

direkomendasikan untuk digunakan sebagai pilihan utama, namun potensi terjadinya resistansi di kemudian hari juga perlu diperhatikan.

Laporan penelitian Algammal *et al.* (2020), Deepak *et al.* (2024), dan Kang *et al.* (2024) memperlihatkan isolat *S. aureus* asal ternak perah telah resistan terhadap golongan fluoroquinolone, makrolida, aminoglikosida dan kloramfenikol. Hal tersebut menunjukkan bahwa, penggunaan antibiotik pada ternak perah berkontribusi terhadap seleksi bakteri resistan, yang dapat berdampak pada efektivitas pengobatan mastitis dan infeksi lainnya. Penting bagi petugas kesehatan hewan maupun pihak lain yang berkepentingan untuk mengevaluasi penggunaan antibiotik di lapangan guna, mengetahui perkembangan dan status resistansi pada berbagai bakteri patogen penyebab penyakit.

SIMPULAN

Prevalensi *S. aureus* pada susu segar kambing sapera di daerah Sleman, Yogyakarta sebesar 8,1%. Sebanyak 12,5% isolat telah resistan terhadap penisilin G (beta-laktam) sebesar 6,25% terhadap tetrasiklin dan sebesar 6,25% terhadap linkosamid. Isolat *S. aureus* tersebut masih peka terhadap golongan fluoroquinolone, makrolida, aminoglikosida dan kloramfenikol.

SARAN

Bakteri *S. aureus* yang terdeteksi pada susu segar kambing sapera menunjukkan potensi bahaya penyakit mastitis bagi ternak perah dapat menyebabkan keracunan makanan pada manusia. Pengendalian kontaminasi *S. aureus* pada susu sangat penting untuk menjaga kesehatan ternak dan konsumen. Pengawasan terhadap penggunaan antibiotik di peternakan perlu dilakukan guna mencegah peningkatan resistansi *S. aureus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Algammal AM, Enany ME, El-Tarabili, RM, Ghobashy MOI, Helmy YA. 2020. Prevalence, antimicrobial resistance profiles, virulence and enterotoxin-determinant genes of MRSA isolated from subclinical bovine mastitis samples in Egypt. *Pathogens* 9(5): 362. <https://doi.org/10.3390/pathogens9050362>
- Alibayov B, Baba-Moussa L, Sina H, Zdeňková K, Demnerová K. 2014. *Staphylococcus aureus* mobile genetic elements. *Molecular Biology Reports* 41(8): 5005–5018. <https://doi.org/10.1007/s11033-014-3367-3>
- Asao T, Kumeda Y, Kawai T, Shibata T, Oda H, Haruki K, Nakazawa H, Kozaki S. 2003. An extensive outbreak of staphylococcal food poisoning due to low-fat milk in Japan: Estimation of enterotoxin A in the incriminated milk and powdered skim milk. *Epidemiology and Infection* 130(1): 33–40. <https://doi.org/10.1017/S0950268802007951>
- Aziz F. 2013. Determinasi Genetik *Staphylococcus aureus* Sapi Perah di Baturaden dan Pengembangan Deteksi Stafilocokal Mastitis Langsung dari Susu Segar dengan Polymerase Chain Reaction (PCR) [Tesis]. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.
- Aziz F, Hisatsune J, Yu L, Kajimura J, Sato'o Y, Ono HK, Masuda K, Yamaoka M, Salasia SIO, Nakane A, Ohge H, Kusunoki Y, Sugai M. 2020. *Staphylococcus aureus* Isolated from Skin from Atopic-Dermatitis Patients Produces Staphylococcal Enterotoxin Y, Which Predominantly Induces T-Cell Receptor V α -Specific Expansion of T Cellstoxin. *Infection and Immunity* 88(2): 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1128/iai.00360-19>
- Bari MS, Rahman MdM, Persson Y, Derks M, Sayeed MdA, Hossain D, Singha S, Hoque Md A, Sivaraman S, Fernando P, Ahmad I, Samad A, Koop G. 2022. Subclinical mastitis in dairy cows in south-Asian countries: a review of risk factors and etiology to prioritize control measures. *Veterinary Research Communications* 46(3): 621–640. <https://doi.org/10.1007/>

- s11259 -022-09948-x
- Barkema HW, Schukken YH, Zadoks RN. 2006. Invited Review: The Role of Cow, Pathogen, and Treatment Regimen in the Therapeutic Success of Bovine *Staphylococcus aureus* Mastitis. *Journal of Dairy Science* 89(6): 1877–1895. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-3022\(06\)72256-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-3022(06)72256-1)
- Bissong MEA, Tahnteng BF, Ateba CN, Akoachere J-FTK. 2020. Pathogenic Potential and Antimicrobial Resistance Profile of *Staphylococcus aureus* in Milk and Beef from the Northwest and Southwest Regions of Cameroon. *BioMed Research International* 2020: 6015283. <https://doi.org/10.1155/2020/6015283>
- Bruce SA, Smith JT, Mydosh JL, Ball J, Needle DB, Gibson R, Andam CP. 2022. Shared antibiotic resistance and virulence genes in *Staphylococcus aureus* from diverse animal hosts. *Scientific Reports* 12(1):4413. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08230-z>
- CLSI [Clinical and Laboratory Standards Institute]. 2020. *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*. 30th ed. Wayne, Pennsylvania. CLSI supplement M100.
- Dai J, Wu S, Huang J, Wu Q, Zhang F, Zhang J, Wang J, Ding Y, Zhang S, Yang X, Lei T, Xue L, Wu H. 2019. Prevalence and Characterization of *Staphylococcus aureus* Isolated from Pasteurized Milk in China. *Frontiers in Microbiology* 10: 641. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00641>
- Deepak SJ, Kannan P, Savariraj WR, Ayyasamy E, Alagesan SKTM, Ravindran NB, Sundaram S, Mohanadasse NQ, Kang Q, Cull CA, Amachawadi RG. 2024. Characterization of *Staphylococcus aureus* isolated from milk samples for their virulence, biofilm, and antimicrobial resistance. *Scientific Reports* 14(1): 25635. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75076-y>
- Dewi AK. 2013. Isolasi, Identifikasi dan Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap Amoxicillin dari Sampel Susu Kambing Peranakan Ettawa (PE) Penderita Mastitis di Wilayah Girimulyo, Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Sain Veteriner* 31(2), 138–150.
- Faizah AN, Setiawan B, Saputro AL, Warsito SH, Praja RN, Fikri F. 2023. Isolasi dan Identifikasi serta Faktor Risiko Bakteri *Staphylococcus aureus* pada Susu Kambing Perah Penderita Mastitis Subklinis di Kecamatan Sili-ragung Kabupaten Banyuwangi. *Journal of Basic Medical Veterinary* 12(2). <https://e-journal.unair.ac.id/JBMV>
- Fidelis CE, Orsi AM, Freu G, Gonçalves JL, Santos MVD. 2024. Biofilm Formation and Antimicrobial Resistance of *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus uberis* Isolates from Bovine Mastitis. *Veterinary Sciences* 11(4): 170. <https://doi.org/10.3390/vetsci11040170>
- Girmay W, Gugsu G, Taddele H, Tsegaye Y, Awol N, Ahmed M, Feleke A. 2020. Isolation and Identification of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) from Milk in Shire Dairy Farms, Tigray, Ethiopia. *Veterinary Medicine International* 2020: 8833973. <https://doi.org/10.1155/2020/8833973>
- Guntoro B, Setiawan A, A'yun AQ. 2023. Farmers' Motives in Raising Ettawa Crossbred Goat in Purworejo, Central Java Province. 3rd International Conference on Smart and Innovative Agriculture (ICoSIA 2022), Hlm. 100–112. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-122-7_10
- Gyles C, Prescott J. 2010. Pathogenesis of Bacterial Infections in Animals, In *Pathogenesis of Bacterial Infections in Animals*. 4th Ed. Oxford UK. Blackwell Publishing Hlm. 3–14. <https://doi.org/10.1002/9780470958209.ch1>
- Hayati LN, Tyasningsih W, Praja RN, Chusniati S, Yunita MN, Wibawati PA.

2019. Isolasi dan Identifikasi *Staphylococcus aureus* pada Susu Kambing Peranakan Etawah Penderita Mastitis Subklinis di Kelurahan Kalipuro, Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner* 2(2):76–82. <https://doi.org/10.20473/jmv.vol2.iss2.2019.76-82>
- Hu D-L, Nakane A. 2014. Mechanisms of staphylococcal enterotoxin-induced emesis. *European Journal of Pharmacology* 722: 95–107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2013.08.050>
- Islam MS, Sobur MA, Rahman AMMT, Rahman MT. 2024. Milk-borne bacterial zoonosis. In Rana T (Ed.), *The Microbiology, Pathogenesis and Zoonosis of Milk Borne Diseases* Massachusetts. Academic Press. Hlm. 247–269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13805-8.00011-9>
- Jamali, H, Radmehr B, Ismail S. 2014. Short communication: Prevalence and antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine clinical mastitis. *Journal of Dairy Science* 97(4): 2226–2230. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2013-7509>
- Kang HJ, You J-Y, Kim SH, Moon J-S, Kim H-Y, Kim J-M, Lee YJ, Kang H-M. 2024. Characteristics of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolates from bovine mastitis milk in South Korea: molecular characteristics, biofilm, virulence, and antimicrobial resistance. *Microbiology Spectrum* 12(12): e01197-24. <https://doi.org/10.1128/spectrum.01197-24>
- Kapoor S, Goel AD, Jain V. 2023. Milk-borne diseases through the lens of one health. *Frontiers in Microbiology* 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1041051>
- Kumar R, Yadav BR, Singh RS. 2011. Antibiotic resistance and pathogenicity factors in *Staphylococcus aureus* isolated from mastitic Sahiwal cattle. *Journal of Biosciences* 36(1): 175–188. <https://doi.org/10.1007/s12038-011-9004-6>
- Lailiyah F, Srianoto, P, Saputro AL, Madyawati P, Agustono B, Prastiya RA. 2018. Efektifitas Daya Pisah Electric Separating Sperm (ESS) terhadap Spermatozoa Kromosom X dan Y pada Kambing Sapera. In *Jurnal Medik Veteriner* 1(3): 93-98
- Lowy FD. 2003. Antimicrobial resistance: the example of *Staphylococcus aureus*. *Journal of Clinical Investigation* 111(9): 1265–1273. <https://doi.org/10.1172/jci200318535>
- Mahari D, Anwar R, Adianto N, Santoso, Herdis. 2020. Deteksi Bakteri Penyebab Mastitis Subklinis dan Uji Sensitivitas Antibiotikanya pada Kambing Perah Sapera di Kabupaten Bogor. *Prosiding. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner Virtual*, Hlm. 442–451. <https://doi.org/10.14334/Pros.Semnas.TPV-2020-p.442-451>
- Mantovam VB, dos Santos DF, Giola-Junior LC, Landgraf M, Pinto UM, Todorov SD. 2025. *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., and *Staphylococcus aureus*: Threats to the Food Industry and Public Health. *Foodborne Pathogens and Disease* <https://doi.org/10.1089/fpd.2024.0124>
- Martini CL, Lange CC, Brito MAVP, Ribeiro JB, Mendonça LC, Vaz EK. . Characterisation of penicillin and tetracycline resistance in *Staphylococcus aureus* isolated from bovine milk samples in Minas Gerais, Brazil. *Journal of Dairy Research* 84(2): 202–205. <https://doi.org/DOI:10.1017/S0022029917000061>
- Middleton JR, Fox LK, Pighetti G, Ptersson-Wolfe C. 2017. *Laboratory Handbook on Bovine Mastitis* (3rd Ed). New Prague, Minnesota. National Mastitis Concill, Inc.
- Miyake R, Iwamoto K, Sakai N, Matsunae K, Aziz F, Sugai M, Takahagi S, Tanaka A, Hide M. 2022. Uptake of *Staphylococcus aureus* by keratinocytes is reduced by interferon-fibronectin pathway and filaggrin expression. *The Journal of Derma-*

- tology 49(11): 1148–1157. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1346-8138.16546>
- Mohottige MWJ, Juhász A, Nye-Wood MG, Farquharson KA, Bose U, Colgrave ML. 2025. Beyond nutrition: Exploring immune proteins, bioactive peptides, and allergens in cow and Arabian camel milk. *Food Chemistry* 467:1–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.142471>
- Moroni P, Pisoni G, Antonini M, Villa R, Boettcher P, Carli S. 2006. Antimicrobial drug susceptibility of *Staphylococcus aureus* from subclinical bovine mastitis in Italy. *Journal of Dairy Science* 89(8): 2973–2976. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72569-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72569-3)
- Nam H-M, Lee A-L, Jung S-C, Kim M-N, Jang G-C, Wee S-H, Lim S-K. 2011. Antimicrobial Susceptibility of *Staphylococcus aureus* and Characterization of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Isolated from Bovine Mastitis in Korea. *Foodborne Pathogens and Disease* 8(2): 231–238. <https://doi.org/10.1089/fpd.2010.0661>
- Nielsen C. 2009. *Economic Impact of Mastitis in Dairy Cows*. Uppsala. Department of Animal Breeding and Genetics. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science. [Swedish University of Agricultural Sciences](https://www.slu.se/en/units/faculty-of-veterinary-medicine-and-animal-science)
- Nopiosi AA, Ferasyi TR, Abrar M, Hamny, Rastina, Fakhurrazi. 2022. Pemeriksaan Jumlah Cemarkan *Staphylococcus Aureus* Pada Susu Kambing Peranakan Etawa (Pe) Di Peternakan Adoe A Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner* 6(3): 89–95.
- Ono HK, Sato'o Y, Narita K, Naito I, Hirose S, Hisatsune J, Asano K, Hu D-L, Omoe K, Sugai M, Nakane A. 2015. Identification and Characterization of a Novel *Staphylococcal* Emetic Toxin. *Applied and Environmental Microbiology* 81(20): 7034–7040. <https://doi.org/10.1128/AEM.01873-15>
- Osman KM, Pires Á da S, Franco OL, Orabi A, Hanafy MH, Marzouk E, Hussien H, Alzaben FA, Almuzaini AM, Elbehiry A. 2019. Enterotoxigenicity and Antibiotic Resistance of Coagulase-Negative *Staphylococci* Isolated from Raw Buffalo and Cow Milk. *Microbial Drug Resistance* 26(5): 520–530. <https://doi.org/10.1089/mdr.2019.0114>
- Pradini GW, Fauziah N, Widyastuti R, Syamsunarno MRAA. 2021. Kualitas Mikrobiologi Susu Kambing Segar dari Sebuah Peternakan Kambing Perah Skala Kecil di Desa Cimalaka, Sumedang. *Dharmakarya* 10(2): 110. <https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v10i2.24991>
- Purnomo A, Hartatik, Khusnan, Salasia SIO, Soegiyono. 2006. Isolasi dan Karakterisasi *Staphylococcus aureus* Asal Susu Kambing Peranakan Ettawa. *Media Kedokteran Hewan* 22(3): 142–147.
- Quin PJ, Markey BK, Leonard FC, Fitz-Patrick ES, Fanning S, Hartigan PJ. 2011. *Veterinary Microbiology and Microbial Disease* (2nd Ed). Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons Ltd.
- Ren Q, Liao G, Wu Z, Lv J, Chen W. 2020. Prevalence and characterization of *Staphylococcus aureus* isolates from subclinical bovine mastitis in southern Xinjiang, China. *Journal of Dairy Science* 103(4): 3368–3380. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17420>
- Roberson JR. 2012. Treatment of Clinical Mastitis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 28(2): 271–288. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.03.011>
- Rusdiana S, Praharani L, Sumanto. 2015. Kualitas dan Produktivitas Susu Kambing Perah Persilangan di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 32(2): 79–86.
- Salaudin M, Akter MR, Hossain MK, Nazir KHMNH, Noreddin A, El Zowalaty

- ME. 2020. Molecular detection of multidrug resistant *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis milk in Bangladesh. *Veterinary Sciences* 7(2): 36. <https://doi.org/10.3390/VETSCI7020036>
- Santosa CM, Rukmi NP, Lestari FB, Wasissa M, Dewananda DA, Salasia SIO. 2021. Susceptibility Test of *Staphylococcus aureus* Isolated from Cow Milk, Goat Milk, and Dairy Farm Workers Against Various Antibiotics. *Proceedings*. 10th International Seminar and 12th Congress of Indonesian Society for Microbiology (ISISM 2019), Surakarta. 29-30 Agustus 2019. Hlm. 115–118. <https://doi.org/10.2991/absr.k.210810.022>
- Sato'o Y, Hisatsune J, Aziz F, Tatsukawa N, Shibata-Nakagawa M, Ono HK, Naito I, Omoe K, Sugai M. 2024. Coordination of prophage and global regulator leads to high enterotoxin production in staphylococcal food poisoning-associated lineage. *Microbiology Spectrum* 12(3). <https://doi.org/10.1128/spectrum.02927-23>
- Silva V, Araújo S, Monteiro A, Eira J, Pereira JE, Maltez L, Igrejas G, Lemsaddek TS, Poeta P. 2023. *Staphylococcus aureus* and MRSA in Livestock: Antimicrobial Resistance and Genetic Lineages. In *Microorganisms* 11: 1. MDPI. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010124>
- Straub JA, Hertel C, Hammes WP. 1999. A 23S rDNA-Targeted Polymerase Chain Reaction-Based System for Detection of *Staphylococcus aureus* in Meat Starter Cultures and Dairy Products. *Journal of Food Protection* 62(10): 1150–1156. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-62.10.1150>
- Song M, Tang Q, Ding Y, Tan P, Zhang Y, Wang T, Zhou C, Xu S, Lyu M, Bai Y, Ma X. 2024. *Staphylococcus aureus* and biofilms: transmission, threats, and promising strategies in animal husbandry. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 15(1): 44. <https://doi.org/10.1186/s40104-024-01007-6>
- Suwito W, Winarti E, Kristiyanti F, Widyastuti A, Andriani A. 2018. Faktor Risiko terhadap Total Bakteri, *Staphylococcus aureus*, Koliform, dan *E. coli* pada Susu Kambing. *Agritech* 38(1): 39. <https://doi.org/10.22146/agritech.23252>
- Suwito W, Winarti E, Widyastuti A, Kristiyanti F, Andriani. 2017. Isolasi dan Karakterisasi *Staphylococcus Aureus* dari Susu Kambing dan Produk Olahannya. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 28(1): 85–90. <https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.85>
- Verraes C, Vlaemynck G, Van Weyenberg S, De Zutter L, Daube G, Sindic M, Uyttendaele M, Herman L. 2015. A review of the microbiological hazards of dairy products made from raw milk. *International Dairy Journal* 50: 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.05.011>
- Zhang J, Wang J, Jin J, Li X, Zhang H, Shi X, Zhao C. 2022. Prevalence, antibiotic resistance, and enterotoxin genes of *Staphylococcus aureus* isolated from milk and dairy products worldwide: A systematic review and meta-analysis. *Food Research International* 162: 111969. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111969>
- Zhang P, Zhang Y, Ruan F, Chang G, Lü Z, Tian L, Ji H, Zhou T, Wang X. 2024. Genotypic diversity of staphylococcal enterotoxin B gene (seb) and its association with molecular characterization and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* from retail food. *International Journal of Food Microbiology* 408: 110444. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110444>