

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peternakan sapi perah di Indonesia memiliki potensi besar untuk berkembang dan dikembangkan. Saat ini dominasi peternakan sapi perah masih terpusat di pulau Jawa, yaitu sebesar 99 persen. Peran penting tersebut dapat diindikasikan oleh baiknya performa reproduksi dan produksi sapi perah. Performa reproduksi menjadi penting karena berkaitan erat dengan aspek produksi dan peningkatan efisiensi peternakan secara keseluruhan. Peternakan sapi perah di Indonesia secara umum menghadapi berbagai tantangan dalam meningkatkan performa reproduksi dan produksi sapi perah. Tantangan-tantangan tersebut antara lain keterbatasan modal, pengetahuan teknis beternak, kesehatan ternak, ketersediaan pakan dan lainnya, (Sembada et al.,2020).

Di Sulawesi, terdapat wilayah yang dikenal dengan peternakan sapi perahnya, yaitu Kabupaten Enrekang di Provinsi Sulawesi Selatan. Daerah ini memiliki potensi besar dalam meningkatkan produksi susu, seiring dengan meningkatnya permintaan konsumsi susu setiap tahunnya. Kebutuhan masyarakat yang terus bertambah mendorong negara untuk memenuhi kebutuhan nasional melalui berbagai upaya, seperti perbaikan sistem pemeliharaan ternak, peningkatan kualitas pakan guna menunjang kandungan nutrisi susu, serta pemanfaatan teknologi untuk menjaga kesehatan dan produktivitas sapi perah. Dengan manajemen ternak yang lebih baik dan perhatian terhadap kesehatan hewan, Indonesia memiliki peluang besar untuk mengoptimalkan potensi sapi perah dalam rangka memperkuat ketahanan pangan nasional (Putri et al., 2024).

Kabupaten Enrekang merupakan salah satu wilayah di luar Pulau Jawa terletak di Provinsi Sulawesi Selatan yang mengembangkan usaha sapi perah. Usaha peternakan sapi perah merupakan suatu bentuk usaha yang cukup potensial untuk dikembangkan. Agar mampu melaksanakan usaha peternakan sapi perah yang produktif secara mandiri maka diperlukan kegiatan pembangunan peternakan sapi perah yang berkesinambungan dalam rangka pengembangan kemampuan masyarakat peternak (Aisyah et al., 2021).

Susu merupakan salah satu produk peternakan yang dibutuhkan dalam jumlah banyak oleh masyarakat Indonesia. Kandungan gizi yang lengkap menjadi alasan tingginya kebutuhan dan permintaan masyarakat akan susu. Tingginya kebutuhan dan permintaan susu di Indonesia masih berbanding terbalik dengan rendahnya pemenuhan susu baik secara kuantitas maupun kualitas (Riyanto et al., 2014).

Produksi susu sapi perah merupakan aspek vital dalam industri peternakan yang memerlukan pemahaman mendalam terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas susu yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi susu sapi perah yaitu genetik, pakan dan nutrisi,

manajemen kesehatan, kondisi lingkungan manajemen reproduksi, manajemen pemeliharaan, dan penggunaan teknologi (Nugraha et al., 2024).

Salah satu penyebab rendahnya produksi susu dalam negeri adalah infeksi bakteri pada sapi perah yang dikenal sebagai mastitis. Mastitis merupakan peradangan pada ambing yang umum terjadi dan berdampak negatif terhadap proses laktasi, sehingga menurunkan jumlah susu yang dihasilkan. Infeksi ini juga dapat mengganggu performa reproduksi sapi, seperti meningkatnya kasus kawin berulang (*repeat breeding*), memanjangnya jarak antara kelahiran (*calving interval*), serta menurunnya tingkat keberhasilan konsepsi. Kondisi ini terjadi akibat respon sistemik tubuh terhadap infeksi, seperti demam, pelepasan endotoksin, dan stres metabolik, yang mengganggu keseimbangan hormon serta fungsi ovarium. Baik mastitis klinis maupun subklinis dapat berdampak buruk terhadap keberhasilan kehamilan, terutama jika terjadi pada awal masa laktasi atau menjelang proses inseminasi buatan (Pole et al., 2023).

Salah satu penyebab rendahnya produksi dan kualitas susu sapi perah dari aspek kesehatan adalah adanya penyakit mastitis (Riyanto et al., 2014). Mastitis klinis merupakan bentuk mastitis yang menunjukkan gejala nyata karena terjadinya peradangan akut pada jaringan ambing. Kondisi ini ditandai oleh perubahan fisiologis yang mudah diamati, seperti pembengkakan ambing, peningkatan suhu lokal, kemerahan, serta rasa nyeri, sehingga sapi tampak tidak nyaman. Selain itu, terjadi pula perubahan pada susu, meliputi konsistensi abnormal, penggumpalan, munculnya serpihan, bahkan dapat berisi nanah atau darah, sehingga kualitas susu menurun drastis. Jurnal menjelaskan bahwa mastitis klinis memengaruhi komposisi air susu dan bentuk ambing secara langsung, disertai penurunan nafsu makan serta perubahan fisiologis lain seperti peningkatan suhu tubuh dan frekuensi napas, sehingga menjadi bentuk mastitis yang lebih mudah dikenali dibandingkan mastitis subklinis, (Rahmahani et al., 2024). Infeksi pada kelenjar ambing menimbulkan respons inflamasi yang meningkatkan jumlah leukosit dan sel epitel dalam susu. Mekanisme inflamasi ini dapat berkembang menjadi mastitis klinis yang secara nyata tampak melalui perubahan fisiologis pada ambing, seperti pembengkakan, peningkatan suhu lokal, dan kemerahan akibat reaksi peradangan jaringan. Selain itu, kerusakan sel-sel dan migrasi leukosit ke dalam lumen kelenjar dapat menyebabkan perubahan pada kualitas susu, termasuk munculnya gumpalan, serpihan, nanah, bahkan darah, yang menjadi ciri khas mastitis klinis dan membedakannya dari mastitis subklinis yang tidak menunjukkan perubahan visual pada ambing maupun susu (Denada dan Puguh, 2025). Sapi perah yang terdampak mastitis berat tidak dilakukan proses pemerahan namun mastitis ringan masih bisa dilakukan untuk diambil susunya. Secara kualitas susu yang berasal dari sapi yang terdampak mastitis berat memiliki komposisi kualitas yang buruk. sapi yang terdampak mastitis dengan gejala berat memiliki komposisi nutrient yang rusak. Komposisi susu terdiri maksimal 90% air dan 10% bahan kering sedangkan susu sapi yang terdampak mastitis ringan banyak dilakukan pemerahan dan kualitasnya tetap dalam kondisi yang normal (Christi et al., 2022).

Penyakit mastitis secara umum disebabkan oleh berbagai jenis bakteri antara lain *Streptococcus agalactiae*, *S. disgalactiae*, *S. uberis*, *S. zooepidermicus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Bakteri-bakteri tersebut akan menyebabkan kerusakan-kerusakan sel-sel alveoli pada ambing. Kerusakan yang terjadi tidak hanya mengakibatkan penurunan produksi susu namun juga kualitas susu. Penurunan kualitas susu merupakan kelainan pada susu karena bakteri mastitis merusak komposisi nutrien susu (Riyanto *et al.*, 2014).

Infeksi yang disebabkan oleh bakteri umumnya memerlukan terapi antibiotik untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh patogen penyebab penyakit. Penggunaan antibiotik ini telah menjadi pilar utama dalam pengobatan berbagai penyakit infeksi, baik pada manusia maupun hewan. Namun, penggunaan antibiotik yang tidak rasional seperti pemberian dosis yang tidak tepat, penggunaan dalam jangka waktu terlalu lama, atau pemakaian tanpa indikasi klinis yang jelas dapat menimbulkan tekanan seleksi pada populasi bakteri. Akibatnya, bakteri yang memiliki mekanisme pertahanan terhadap antibiotik dapat bertahan dan berkembang biak, sehingga memunculkan fenomena resistensi antibiotik. Kondisi ini menjadi tantangan besar dalam bidang kesehatan masyarakat dan kedokteran hewan karena dapat menurunkan efektivitas pengobatan, meningkatkan angka kesakitan, dan memperpanjang durasi infeksi, (Ventola, 2015)

Resistensi antibiotik merupakan kemampuan mikroba untuk menghambat aktivitas dari antibiotik di luar kemampuan normal suatu spesies bakteri tertentu. Tiga jenis resistensi antibiotik antara lain resistensi mikrobiologis (*in vitro*), resistensi farmakologis, dan resistensi klinis (*in vivo*). Resistensi mikrobiologis merupakan penurunan kepekaan mikroba terhadap antibiotik di bawah batas kepekaan normal. Resistensi farmakologis umumnya didasarkan pada farmakokinetik dan kepekaan normal mikroorganisme berdasarkan konsentrasi hambat minimum antibiotik. Resistensi klinis merupakan resistensi pada bakteri penyebab infeksi yang sudah tidak dapat diobati dengan tepat lagi atau telah terjadi kegagalan pengobatan (Kurnianti dan Syahbanu, 2023).

Kecamatan Cendana, Kabupaten Enrekang, sebagai salah satu wilayah dengan aktivitas peternakan sapi perah, memerlukan data ilmiah mengenai jenis bakteri penyebab mastitis serta profil kekekaannya terhadap antibiotik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis bakteri penyebab mastitis pada sapi perah di Kecamatan Cendana Kabupaten Enrekang serta menganalisis profil antibiogram bakteri tersebut sebagai dasar dalam menentukan terapi yang efektif dan rasional.

Sejauh penelusuran pustaka yang dilakukan, penelitian mengenai identifikasi dan profil antibiogram bakteri penyebab mastitis pada sapi perah di Kecamatan Cendana Kabupaten Enrekang belum pernah dilaporkan sebelumnya. Penelitian yang memiliki keterkaitan dengan topik ini pernah dilakukan oleh Jabbar *et al.* (2020) dengan judul "Epidemiology and antibiogram of common mastitis-causing bacteria in Beetal goats", namun penelitian tersebut dilakukan pada kambing di Pakistan. Perbedaan objek penelitian, yaitu sapi perah, serta perbedaan lokasi

penelitian di Kecamatan Cendana Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan, menunjukkan bahwa penelitian ini memiliki unsur kebaruan dan relevansi lokal yang kuat sehingga layak untuk dilakukan.

1.2 Kajian Pustaka

1.2.1 Klasifikasi Umum Sapi Perah (*Friesian holstein*)

Friesian Holland (FH) atau *Holstein Friesian* adalah ras sapi perah asli Eropa yang berasal dari dua provinsi di bagian utara Belanda, yaitu North Holland dan Friesland (Kurnianto, 2022). Sapi Friesian Holstein (FH) merupakan ternak perah yang unggul karena memiliki potensi yang baik dalam menyumbang produksi susu untuk pemenuhan kebutuhan susu nasional (Solechah *et al.*, 2019). Menurut Kurnianto (2022), FH memiliki ukuran tubuh besar dengan warna kulit yang bervariasi, yaitu belang hitam-putih atau merah-putih. Sapi betina dewasa memiliki berat badan rata-rata 750 kg, sementara sapi jantan mencapai 1.000 kg. Pedet yang baru lahir bisa memiliki berat badan hingga 45 kg. Sapi betina pertama kali dapat dikawinkan pada usia 15 bulan dan melahirkan pada usia 24 bulan. Masa kehamilan sekitar 9 bulan, dan masa produktif sapi betina berlangsung selama 6 tahun. Rata-rata produksi susu per laktasi mencapai 8.500 kg, sapi perah di klasifikasikan sebagai berikut.

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Chordata
Class	: Mammalia
Ordo	: Artiodactyla
Famili	: Bovidae
Subfamili	: Bovinae
Genus	: <i>Bos</i>
Species	: <i>Friesian holstein</i>



Gambar 1. Sapi perah (*Friesian Holstein*) (Kurnianto, 2022)

Sapi perah adalah jenis sapi yang secara khusus dipelihara untuk menghasilkan susu dalam jumlah besar sebagai sumber gizi penting bagi manusia. Sapi ini memiliki kemampuan laktasi yang tinggi dan memerlukan perhatian khusus dalam hal pemeliharaan seperti pemberian pakan yang seimbang, kebersihan tubuh dan lingkungan, serta penanganan kesehatan secara rutin agar produksi susunya tetap optimal. Selain itu, reproduksi pada sapi perah juga menjadi aspek penting yang perlu dikelola, termasuk deteksi birahi, inseminasi buatan, dan pemeriksaan

kebuntingan. Ciri khas dari sapi perah adalah ambing yang besar dan produksi susu yang stabil selama masa laktasi. Oleh karena itu, pemahaman tentang fisiologi dan kebutuhan dasar sapi perah sangat penting dalam mendukung produktivitas dan kesejahteraan hewan tersebut (Anugrah, dan Purwantini, 2021).

1.2.2 Mastitis

1.2.2.1 Definisi

Mastitis adalah kondisi peradangan pada jaringan ambing yang sering kali disebabkan oleh infeksi bakteri. Penyakit ini berdampak besar pada kesehatan ternak dan ekonomi peternakan, terutama pada sapi perah. Secara klinis, mastitis dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu mastitis klinis dan mastitis subklinis (Tommasoni et al., 2023). Mastitis merupakan salah satu gangguan kesehatan yang sangat merugikan pada sapi perah, mastitis dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap usaha peternakan sapi perah karena menyebabkan penurunan produksi susu, perubahan komposisi susu, dan kerugian ekonomi yang cukup besar, selain kuantitas, kualitas susu juga menurun akibat perubahan fisik dan kimia, seperti munculnya gumpalan, perubahan warna, serta peningkatan jumlah leukosit, sehingga susu tidak layak konsumsi dengan demikian, mastitis tidak hanya menurunkan produktivitas sapi, tetapi juga memberikan beban ekonomi yang signifikan bagi peternak (Surjowardojo 2011). Penyakit ini dapat menurunkan kuantitas dan kualitas susu karena kerusakan jaringan ambing menyebabkan perubahan komposisi susu serta meningkatnya jumlah sel-sel radang. Kerusakan jaringan tersebut mengganggu fungsi sekretorik ambing, sehingga produksi susu menurun dan kualitasnya tidak lagi memenuhi standar konsumsi maupun pengolahan. Sumber menyebutkan bahwa mastitis, baik klinis maupun subklinis, berkontribusi signifikan terhadap penurunan produksi, perubahan komposisi susu, serta kerugian ekonomi yang cukup besar bagi peternak sapi perah (Ruegg, 2017). Selain itu, susu dari sapi yang terkena mastitis tidak layak dikonsumsi dan harus dibuang. Secara klinis, mastitis dapat menimbulkan gejala seperti pembengkakan pada ambing, peningkatan suhu lokal, kemerahan, serta rasa nyeri ketika disentuh. Susu yang dihasilkan pun dapat berubah, misalnya menggumpal, berwarna kekuningan, atau bercampur darah, tergantung tingkat keparahan infeksi. Pada kasus mastitis subklinis yang tidak menunjukkan perubahan fisik yang jelas, diperlukan uji laboratorium untuk mendeteksi peningkatan jumlah sel somatik (*somatic cell count/SCC*) dalam susu. Temuan ini konsisten dengan laporan bahwa mastitis menyebabkan perubahan klinis pada ambing, gangguan komposisi susu, peningkatan SCC, serta penurunan kualitas dan keamanan susu, (Morales-Ubaldo 2023). Oleh karena itu, pengawasan terhadap kondisi ambing secara rutin sangat penting untuk mendeteksi mastitis sedini mungkin (Syukriani et al., 2022).

Standar mutu susu sapi segar di Indonesia mengacu pada SNI 3141.1:2011 yang menetapkan persyaratan kualitas fisik, kimia, dan mikrobiologis guna menjamin keamanan serta kelayakan susu sebagai bahan baku industri. Penyimpanan susu sapi segar merupakan tahap krusial dalam mempertahankan mutu sesuai standar SNI. Susu yang telah diterima harus segera disimpan dalam tangki pendingin pada

suhu 2–4°C untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan memperlambat kerusakan fisik maupun kimia susu. Penyimpanan pada suhu yang tidak sesuai dapat menyebabkan peningkatan keasaman, penurunan kestabilan protein, serta peningkatan jumlah mikroba yang berujung pada penolakan oleh industri, (Haidar Al Qossam et al., 2025).

1.2.2.2 Etiologi

Berdasarkan etiologinya mastitis dapat dibagi menjadi dua jenis khususnya, mastitis lingkungan dan mastitis menular atau sesuai dengan gejalanya, yaitu klinis dan subklinis, klasifikasi ini banyak digunakan dalam literatur karena berkaitan dengan sumber infeksi, pola penularan, serta strategi pencegahan dan pengendalian yang berbeda, (Gomes dan Henriques, 2015). Sebagai penyakit yang tingkat kerentanannya dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti usia, tahap laktasi, produksi susu, dan kondisi anatomi ambing. Oleh karena itu, manifestasi klinis dan perkembangan penyakit ini sangat tergantung pada interaksi kekebalan bawaan dan adaptif pada sapi laktasi, bukan pada jenis, konsentrasi dan virulensi patogen yang menyerang ambing (Tommasoni et al., 2023).

1.2.2.3 Patogenesis

Proses patogenesis mastitis dimulai ketika bakteri seperti *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, dan *Escherichia coli* masuk ke jaringan ambing sapi melalui saluran puting susu. Bakteri-bakteri ini memiliki faktor virulensi seperti eksotoksin, protein permukaan, dan lipopolisakarida yang membantu mereka menginfeksi, bertahan, serta menghindari deteksi oleh sistem imun sapi. Misalnya, *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan mastitis subklinis yang bersifat kronis dan ditandai dengan peningkatan jumlah sel somatik dalam susu sebagai penanda adanya infeksi. Pada tahap awal, mastitis sering kali tidak menunjukkan gejala yang nyata, namun bakteri sudah mulai merusak jaringan ambing melalui aktivitas toksin dan reaksi inflamasi akibat respons imun tubuh. Kerusakan ini kemudian menurunkan mutu susu, mengurangi produksi, serta menimbulkan kerugian ekonomi bagi para peternak (Tong et al., 2025).

Selain *Staphylococcus aureus*, bakteri *Escherichia coli* juga berperan penting dalam patogenesis mastitis, terutama pada bentuk klinis akut. Infeksi *E. coli* biasanya terjadi ketika bakteri dari lingkungan masuk ke saluran puting, kemudian berkembang biak di dalam alveolus ambing. Lipopolisakarida (LPS) pada dinding sel *E. coli* berperan sebagai endotoksin yang memicu respons imun kuat berupa pelepasan sitokin proinflamasi seperti TNF- α dan IL-1 β . Reaksi ini menyebabkan peningkatan permeabilitas pembuluh darah, edema jaringan, demam, dan perubahan warna susu menjadi encer atau kekuningan. Pada kasus berat, infeksi *E. coli* dapat menyebabkan mastitis toksik yang berpotensi fatal akibat endotoksemia dan gangguan sistemik (Blum et al., 2014).

1.2.2.4 Gejala Klinis

Gejala klinis mastitis dimulai dari peradangan sistemik pada inang seperti demam, hipotensi, dan *shock*. Dan gejala peradangan pada ambing yang telah terinfeksi

seperti kebengkakan, kemerahan, ambing lebih panas, dan rasa nyeri sehingga memunculkan gejala klinis peradangan sistemik pada inang, (Larasti et al., 2020).



Gambar 2. Kondisi ambing sapi perah *Friesian Holstein* terinfeksi mastitis klinis dengan gejala ambing mengeras (Klaas dan Zadoks, 2018)

Secara klinis, mastitis dapat dikenali melalui gejala seperti pembengkakan, peningkatan suhu, kemerahan, dan rasa sakit pada ambing saat disentuh. Perubahan pada susu juga dapat terjadi, seperti adanya gumpalan, warna kekuningan, atau bercampur darah, tergantung pada tingkat infeksi. Pada kasus mastitis subklinis yang tidak menunjukkan gejala nyata, deteksi hanya bisa dilakukan melalui pemeriksaan laboratorium untuk mengamati peningkatan jumlah sel somatik dalam susu. Oleh karena itu, pemeriksaan rutin terhadap kondisi ambing sangat penting guna mendeteksi mastitis sejak dini (Syukriani et al., 2022).

1.2.2.5 Diagnosis

Mastitis subklinis sering kali sulit terdeteksi karena tidak menunjukkan gejala klinis yang jelas, namun dapat menyebabkan penurunan produksi susu dan perubahan kualitas susu. Deteksi mastitis subklinis umumnya dilakukan melalui pemeriksaan laboratorium seperti CMT (*California Mastitis Test*) atau uji jumlah sel somatik (SCC - *Somatic Cell Count*). Penanganan mastitis subklinis lebih menantang karena infeksi dapat berlangsung kronis dan tersembunyi, sehingga strategi pencegahan seperti kebersihan pemerahan, sanitasi kandang, dan pemilihan genetik sapi yang resisten terhadap mastitis menjadi sangat penting (Hoque et al., 2022).

California Mastitis Test (CMT) bekerja berdasarkan reaksi antara reagen CMT dan sel somatik dalam susu, di mana reagen melisis sel somatik sehingga DNA yang dilepaskan membentuk gel dengan tingkat kekentalan yang sebanding dengan jumlah sel somatik. Hasil CMT negatif menunjukkan tidak terbentuknya gel dan menandakan jumlah sel somatik rendah serta ambing dalam kondisi sehat, sedangkan trace dan skor 1 menunjukkan reaksi ringan yang mengindikasikan awal hingga ringan peningkatan sel somatik. Skor 2 ditandai dengan pembentukan gel yang jelas dan menunjukkan peningkatan sel somatik yang signifikan serta berkaitan erat dengan mastitis subklinis, sementara skor 3 menunjukkan gel sangat kental yang menandakan jumlah sel somatik sangat tinggi dan kemungkinan besar adanya infeksi intramammary yang berat (Rossi et al., 2018).

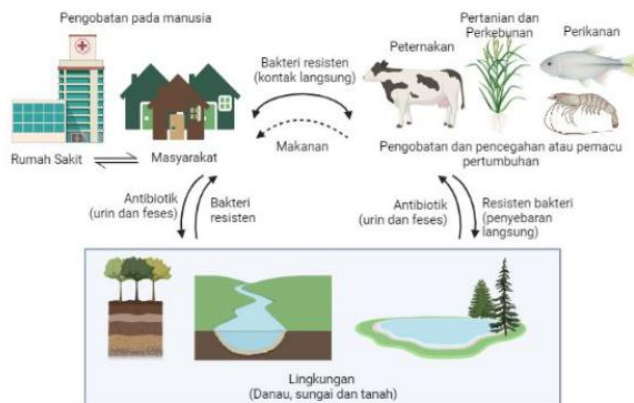
1.2.2.6 Pengobatan dan Pengendalian (Pencegahan)

Penggunaan antibiotik tetap menjadi pilar utama dalam terapi mastitis subklinis pada sapi perah. Kombinasi antara antibiotik intramamari dan sistemik terbukti meningkatkan tingkat kesembuhan bakteriologis dibandingkan penggunaan tunggal. Namun, penggunaan antibiotik yang tidak terkontrol dapat menimbulkan masalah residu dalam susu dan mendorong munculnya resistensi antibiotik (Widianingrum et al., 2018). Oleh karena itu, penerapan terapi sebaiknya disesuaikan dengan hasil uji mikrobiologi, memperhatikan masa tunggu susu, serta dikombinasikan dengan tindakan pencegahan seperti higiene pemerahan dan isolasi hewan yang terinfeksi (Muloi et al., 2025).

Penggunaan kombinasi antibiotik seperti *Terrexine LC*, yang mengandung *Cephalexin* dan *Kanamycin*, telah terbukti efektif dalam mengobati mastitis subklinis pada sapi perah jenis *Friesian Holstein*. Efektivitas kombinasi antibiotik berbasis β -laktam dan aminoglikosida ini dilaporkan mampu menurunkan jumlah sel somatik serta mengeliminasi patogen penyebab mastitis subklinis, terutama bakteri gram-positif seperti *Staphylococcus* spp. dan *Streptococcus* spp. (Tomanic et al., 2023). Obat ini diberikan secara intramamari sebanyak tiga kali setelah proses pemerahan, dan diikuti dengan metode *teat dipping* menggunakan *povidone iodine* 1%. Setelah tujuh hari pengobatan, hasil uji *California Mastitis Test* (CMT) menunjukkan penurunan tingkat infeksi, dari kategori sedang dan ringan menjadi sangat ringan hingga ringan. Penanganan juga mencakup isolasi sapi yang terinfeksi dari kelompok yang sehat guna mencegah penularan penyakit. Kombinasi antibiotik ini memiliki spektrum luas dan efektif melawan patogen penyebab mastitis seperti *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis*, dan *Escherichia coli* (Pole et al., 2023).

1.2.3 Resistensi Antibiotik

Resistensi antibiotik merupakan salah satu permasalahan yang cukup serius dalam dunia kesehatan. Terjadinya resistensi bakteri terhadap antibiotik menyebabkan pengobatan penyakit akibat infeksi tidak lagi efisien karena turun atau hilangnya efektivitas obat (Nurjanah et al., 2020). Antibiotik berperan signifikan dalam meningkatkan kesehatan dan harapan hidup manusia. Antibiotik juga berperan penting dalam sistem produksi hewan secara intensif. Meskipun memberikan berbagai manfaat, penggunaan antibiotik secara besar-besaran menyebabkan masalah resistensi antibiotik (Kurnianto dan Syahbanu, 2023).



Gambar 3. Penggunaan antibiotik dan jalur transmisi resistensi antibiotik pada rantai pasok pangan (Kurnianto dan Syahbanu, 2023)

Resistensi antibiotik adalah kemampuan mikroba untuk berkembang menjadi lebih resisten terhadap agen antibiotik yang sebelumnya dapat menghambat atau membunuhnya secara efektif. Tiga jenis resistensi antibiotik antara lain resistensi mikrobiologis (*in vitro*), resistensi farmakologis, dan resistensi klinis (*in vivo*). Resistensi mikrobiologis merupakan penurunan kepekaan mikroba terhadap antibiotik di bawah batas kepekaan normal. Resistensi farmakologis umumnya didasarkan pada farmakokinetik dan kepekaan normal mikroorganisme berdasarkan konsentrasi hambat minimum antibiotik. Resistensi klinis merupakan resistensi pada bakteri penyebab infeksi yang sudah tidak dapat diobati dengan tepat lagi atau telah terjadi kegagalan pengobatan. Perkembangan resistensi antibiotik mengakibatkan beragam masalah kesehatan hingga ketahanan pangan yang berdampak signifikan (Kurnianto dan Syahbanu, 2023).

Selain itu, resistensi antibiotik dapat meningkatkan angka kesakitan dan kematian akibat infeksi bakteri. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional merupakan salah satu faktor utama yang mempercepat terjadinya resistensi. Di bidang peternakan, resistensi antibiotik berpotensi menyebabkan penurunan produktivitas ternak. Oleh karena itu, pengendalian penggunaan antibiotik menjadi langkah penting dalam upaya pencegahan resistensi, (Kurnianto dan Syahbanu, 2023).

Selama pembentukan resistensi, sel bakteri akan mengakumulasi kesalahan genetik pada gen yang ada dan mentransfer gen resisten ke sel progeni melalui transfer gen vertikal. Jenis resistensi ini menyebabkan bakteri secara alami resisten terhadap suatu antibiotik tertentu. Dari mekanisme resistensi tersebut, modifikasi molekul target antibiotik melalui bantuan enzim menjadi mekanisme yang sering terjadi, karena mekanisme ini yang paling mudah dan cepat dilakukan oleh bakteri (Kurnianto dan Syahbanu, 2023).

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis bakteri yang menyebabkan mastitis subklinis pada sapi perah di Kecamatan Cendana, Kabupaten

Enrekang, serta menganalisis karakteristik resistensi bakteri tersebut terhadap berbagai jenis antibiotik.

Penelitian ini memiliki manfaat yang luas dari segi akademik, kesehatan hewan, dan ekonomi peternakan. Secara akademik, penelitian ini memperkaya pengetahuan tentang bakteri penyebab mastitis dan pola resistensi antibiotiknya sebagai referensi pengembangan terapi yang lebih efektif. Dari sisi praktis, hasil penelitian membantu dokter hewan menentukan pengobatan yang tepat dan efisien, sekaligus meningkatkan produktivitas susu melalui penurunan angka mastitis serta kerugian produksi. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi terhadap peningkatan kesejahteraan hewan dan keberlanjutan usaha peternakan sapi perah.

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-November 2025. Pengambilan sampel dilakukan di Kecamatan Cendana Kabupaten Enrekang yang dipilih sebagai lokasi penelitian. Analisis sampel dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Masyarakat Makassar.

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry* (MALDI-TOF MS) system (VITEK® MS, France), VITEK® 2 *Compact system* (VITEK® 2, France), inkubator, *paddle* CMT, dan tabung *falcon* 15 mL.

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah susu sapi, reagen CMT, *growth medium (brain heart infusion)*, *blood agar plates*, *MacConkey agar plate*. Jenis antibiotik yang digunakan dalam uji resistensi antibiotik adalah Cefoxitin, Benzylpenicillin, Ampicillin, Cloxacillin, Dicloxacillin, Oxacillin, Gentamicin *high level*, *Streptomycin high level*, Gentamycin, Ciprofloxacin, Levofloxacin, Moxifloxacin, Inducible Clindamycin resistance, Erythromycin, Clindamycin, Quinupristin/Dalfopristin, Linezolid, Vancomycin, Tetracycline, Tigecycline, Trimethoprim/Sulfamethoxazole untuk isolat *Staphylococcus* sp, dan benzylpenicillin, Ampicillin, Cefotaxime, Ceftriaxone, Gentamicin, Levofloxacin, Moxifloxacin, Inducible Clindamycin Resistance, Erythromycin, Clindamycin, Linezolid, Teicoplanin, Vancomycin, Tetracycline, Tigecycline, Chloramphenicol, Rifampicin, Trimethoprim/Sulfamethoxazole untuk isolat *Streptococcus* sp.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif, untuk mengidentifikasi jenis bakteri penyebab mastitis dalam susu dan menguji resistensinya terhadap antibiotik. Berdasarkan Sensus Peternakan Nasional (Badan Pusat Statistik, 2024), Kabupaten Enrekang memiliki 612 ekor sapi perah, dengan populasi tertinggi di Kecamatan Cendana. Namun dari hasil penelusuran lapangan, teridentifikasi sekitar 267 ekor sapi perah yang dikelola secara aktif di lokasi penelitian, terdiri dari 45 ekor jantan dan 222 ekor betina. Sapi-sapi betina tersebut diklasifikasikan sebagai sapi laktasi ($n = 163$) dan sapi dara ($n = 59$) (Pongkapadang et al. 2025).

Penelitian ini melibatkan 73 ekor sapi perah laktasi yang berasal dari 29 peternakan sapi perah skala kecil yang dipilih secara purposif. Dari 73 ekor sapi laktasi, sebanyak 289 sampel susu digunakan untuk deteksi mastitis subklinis dengan *California Mastitis Test* (CMT). Pemeriksaan CMT dilakukan sebagai metode skrining awal untuk mengidentifikasi peningkatan jumlah sel somatik dalam susu. Hasil uji CMT selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk tahapan pemeriksaan laboratorium berikutnya. Metode ini memungkinkan deteksi mastitis subklinis secara dini dan efisien.

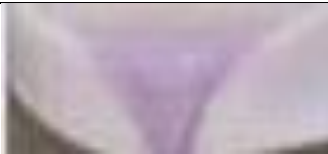
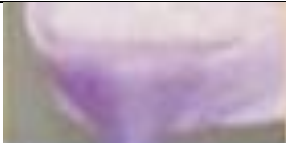
2.4 Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Pengambilan Susu dan Diagnosis Mastitis

Penelitian ini telah disetujui oleh Komisi Etik Penelitian Rumah Sakit Hewan Universitas Hasanuddin (No. 009/UN4.1.RSHUH/B/PP36/2025). Dua ratus delapan puluh sembilan sampel susu diambil dengan cara aseptis dari 73 ekor sapi sebelum proses pemerahan.

Pengambilan sampel susu diawali dengan pembersihan ambing setelah itu perah susu sapi dengan metode *stripping* untuk mencegah kontaminasi, kemudian susu diperah pada pagi hari dan diambil susu sebanyak 2 ml untuk di periksa menggunakan *california mastitis test* (CMT) pada masing-masing ambing dan ditempatkan ke dalam *paddle california mastitis test* (CMT) dengan volume yang sama, ditambahkan 2 ml reagen *California Mastitis Test* (CMT), lalu diaduk perlahan dengan gerakan melingkar selama 10–15 detik hingga homogen, dan hasil reaksi diamati setelah ± 20 detik di bawah pencahayaan yang memadai, sebelum sampel disimpan dalam wadah steril dan dibawa ke laboratorium menggunakan coolbox bersuhu 4°C. (Khoirani, 2015).

Tabel 1. Penilaian hasil reaksi CMT (Amine et al., 2016)

Skor	Tanda	Deskripsi Reaksi	Interpretasi (Jumlah Sel Somatik/mL)	Gambar
0	-	Cairan susu tanpa endapan.	0 – 200.000	
1	+	Cairan susu sedikit kental dan cepat hilang	150.000 – 500.000	
2	++	Cairan susu seperti gel ringan dengan endapan kecil.	400.000 – 1.500.000	
3	+++	Cairan susu seperti gel jelas dengan gumpalan padat.	800.000 – 5.000.000	

2.4.2 Identifikasi Bakteri

Identifikasi bakteri dan uji resistensi antibiotik hanya dilakukan pada sampel susu yang menunjukkan hasil positif mastitis subklinis, yaitu dengan skor *California Mastitis Test* (CMT) yang positif 2 (++). Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa

isolat yang diuji benar-benar berasal dari kuartir ambing yang mengalami infeksi aktif, sehingga hasil identifikasi dan uji kepekaan antibiotik lebih akurat dan relevan terhadap kondisi klinis. Sebelum diidentifikasi, koloni murni diperoleh dengan cara menggoreskan sampel ke dalam media pertumbuhan untuk menumbuhkan mikroorganisme, kemudian plat agar darah/plat agar MacConkey, dan menginkubasi secara aerobik pada suhu 37°C selama 24–48 jam.

Identifikasi bakteri menggunakan MALDI-TOF MS dengan sistem VITEK® MS (bioMérieux, Prancis) yang merupakan metode modern berbasis spektrometri massa yang digunakan untuk mengidentifikasi mikroorganisme secara cepat, akurat, dan efisien. Prinsip dasar teknik ini adalah analisis pola spektrum protein (terutama protein ribosomal) yang bersifat spesifik bagi setiap spesies mikroba. Proses kerja MALDI-TOF MS dimulai dengan menempatkan sedikit koloni bakteri pada target plate, kemudian ditambahkan larutan matriks (biasanya α -cyano-4-hydroxycinnamic acid) yang berfungsi membantu proses ionisasi. Ketika sinar laser diarahkan ke sampel, energi yang diserap oleh matriks menyebabkan ionisasi molekul protein tanpa merusak strukturnya. Ion-ion bermuatan positif yang dihasilkan selanjutnya dipercepat dalam medan listrik menuju detektor. Setiap ion memiliki waktu tempuh berbeda berdasarkan rasio massa terhadap muatan (m/z); ion yang lebih ringan akan mencapai detektor lebih cepat. Waktu tempuh ini diukur dan dikonversi menjadi pola spektrum massa (mass spectrum) yang unik untuk tiap spesies mikroorganisme, (Westblade et al., 2013).

Hasil identifikasi diinterpretasikan berdasarkan nilai kepercayaan (%) yang dihasilkan oleh sistem VITEK MS. Identifikasi dengan nilai kepercayaan $\geq 99\%$ dianggap dapat diandalkan pada tingkat spesies atau genus, sedangkan hasil yang menghasilkan nilai kepercayaan lebih rendah atau diklasifikasikan sebagai diskriminasi rendah dianggap tidak dapat diandalkan dan tidak dimasukkan dalam identifikasi definitif. Teknik aseptik standar dan prosedur kontrol kualitas laboratorium rutin diterapkan selama pemrosesan sampel untuk meminimalkan kontaminasi. (Singhal et al., 2015).

CMT positif satu (+) menunjukkan mastitis subklinis tahap awal dengan peningkatan *somatic cell count* (SCC) yang masih moderat, sedangkan CMT positif dua (++) mencerminkan peningkatan SCC yang lebih tinggi dan inflamasi ambing yang lebih jelas. Tarbal et al. (2020) menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara skor CMT dan somatic cell score ($P \leq 0,05$), di mana peningkatan skor CMT sejalan dengan peningkatan jumlah sel somatik. Oleh karena itu, CMT positif dua lebih layak untuk diuji karena memberikan indikasi mastitis subklinis yang lebih kuat dan hasil yang lebih akurat dibandingkan CMT positif satu.

2.4.3 Uji Resistensi Antibiotik

Uji resistensi antibiotik dilakukan dengan alat VITEK® 2 Compact yang bekerja mengacu pada standar internasional *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI), sehingga hasilnya dapat digunakan untuk menilai pola resistensi bakteri terhadap berbagai antibiotik secara objektif. Selain itu, sistem ini mampu mendeteksi fenomena khusus seperti *Extended Spectrum Beta-Lactamase* (ESBL) pada

Enterobacteriaceae dan *methicillin resistance* pada *Staphylococcus* spp. melalui interpretasi hasil cefoxitin screen atau uji konfirmasi beta-laktam. Alat ini juga memiliki kemampuan untuk mempercepat interpretasi hasil, dengan waktu analisis berkisar 6–12 jam, dibandingkan metode manual yang memerlukan 24–48 jam. Secara keseluruhan, interpretasi hasil dari alat VITEK® 2 *Compact* memberikan informasi yang cepat, akurat, dan terstandarisasi mengenai identifikasi mikroorganisme dan pola resistensinya terhadap antibiotik (Gherardi et al., 2012).

2.5 Pengamatan dan Pengukuran

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dari hasil identifikasi jenis bakteri dan karakteristik resistensi antibiotik. Data disajikan dalam persentase dan dirangkum dalam tabel. Hasil kultur bakteriologis dari susu mastitis disajikan sebagai frekuensi dan proporsi isolat berdasarkan spesies bakteri, sementara pola resistensi antibiotik digambarkan sebagai persentase isolat resisten dari total jumlah isolat mikroba yang diuji untuk agen antibiotik tertentu.