

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kerbau merupakan salah satu hewan ternak yang banyak dipelihara oleh masyarakat Toraja. Bagi masyarakat Toraja, kerbau (*Bubalus bubalis*) menempati kedudukan istimewa sebagai hewan sakral sekaligus simbol kemakmuran. Nilai filosofisnya tercermin dalam tradisi *Aluk Todolo*, yang meyakini bahwa kerbau yang dikurbankan dalam upacara *Rambu Solo'* akan menjadi sebuah wahana arwah menuju *Puya* (alam keabadian). Upacara kematian ini dapat berlangsung selama satu hingga tiga hari, bahkan berminggu-minggu, dengan jumlah kerbau yang dikurbankan disesuaikan dengan strata sosial-ekonomi keluarga: golongan atas mampu mengurbankan 50–100 ekor, golongan menengah 7–30 ekor, dan golongan bawah 0–3 ekor (Limbong, 2020; Salam et al., 2022).

Besarnya peran kerbau dalam ritual adat mendorong permintaan pasar yang tinggi dan menjadikan jual beli kerbau sebagai sektor bisnis yang menjanjikan. Masyarakat Tana Toraja tidak hanya mengandalkan kerbau lokal, tetapi juga mendatangkan ternak dari luar daerah. Badan Pusat Statistik mencatat populasi kerbau di Tana Toraja pada tahun 2016 mencapai 26.094 ekor dan terus meningkat setiap tahunnya. Pertumbuhan populasi ini berbanding lurus dengan peningkatan kerentanan ternak terhadap berbagai penyakit, baik metabolik, infeksius, maupun kelainan organ.

Salah satu penyakit yang dilaporkan oleh Pusat Kesehatan Hewan (Puskeswan) Tana Toraja adalah urolithiasis. Penyakit ini ditandai dengan terbentuknya urolit atau batu di sepanjang saluran perkencingan—ginjal, ureter, vesika urinaria, maupun uretra yang berpotensi menyebabkan obstruksi aliran urin (Men et al., 2018). Pembentukan batu diawali oleh kondisi kristaluria, yaitu adanya kristal dalam urin yang mengendap akibat supersaturasi mineral seperti kalsium, oksalat, dan fosfat. Dua jenis kristal yang paling dominan adalah kalsium oksalat (46,3%) dan magnesium amonium fosfat atau struvit (42,4%) (Men & Arjentina, 2018).

Kristal yang terbentuk di dalam kandung kemih sering kali tidak menimbulkan gejala klinis hingga akhirnya berpindah ke uretra dan menyumbat aliran urin, baik sebagian maupun total. Manifestasi klinis yang muncul bervariasi, mulai dari depresi, kembung ringan, hingga distensi abdomen, bergantung pada lokasi, ukuran, dan komposisi mineral batu. Sebagian besar urolit pada ruminansia tersusun atas kalsium apatit atau batu berbasis fosfat seperti struvit (Mejia et al., 2022).

Mengingat tingginya nilai ekonomi kerbau bagi masyarakat Toraja dan adanya potensi urolithiasis yang diawali oleh kristaluria, maka diperlukan penelitian yang secara khusus mengidentifikasi jenis-jenis kristal urin pada kerbau di Kecamatan Gandangbatu Sillanan, Kabupaten Tana Toraja. Informasi ini diharapkan dapat menjadi data awal untuk upaya deteksi dini dan pencegahan penyakit saluran kemih pada ternak kerbau di wilayah tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas muncul beberapa pertanyaan, yaitu :

1. Bagaimana profil pH, darah, dan nitrit pada urin kerbau
2. Apakah terdapat keberadaan kristaluria pada kerbau di Kecamatan Gandangbatu Sillanan
3. Jenis-jenis kristaluria apa saja yang dapat ditemukan dari kerbau yang berada di Kecamatan Gandangbatu Sillanan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi profil pH, darah, dan nitrit melalui dipstik urin, mendeteksi keberadaan kristaluria pada kerbau, dan mengidentifikasi jenis kristaluria secara mikroskopis.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini bagi peneliti yaitu sebagai standar ataupun acuan untuk peneliti selanjutnya dalam mengembangkan literatur kasus *urolithiasis* pada ternak Kerbau, dan manfaat untuk para pembaca yaitu untuk menambah referensi tentang jenis jenis kristaluria khususnya pada ternak Kerbau.

1.5 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini yaitu terdapat nilai pH, darah dan nitrit yang diperoleh dari dipstik urin, serta dapat ditemukan kristaluria dan beberapa jenis-jenis kristaluria pada urin kerbau jantan di Kecamatan Gandangbatu Sillanan, Kabupaten Tana Toraja.

1.6 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelusuran penulis penelitian terkait “Identifikasi Kristaluria Dan Uji Dipstik Urin Pada Kerbau (Bubalus Bubalis) Di Kecamatan Gandangbatu Sillanan Kab. Tana Toraja” belum sama sekali dilakukan. Adapun penelitian serupa terdapat pada hewan sapi yang berada di NTT dengan judul literatur “Deteksi Urolitiasis pada Sapi Bali (Bos Sondaicus) yang Dipelihara Secara Semi Intensif di Desa Noelbaki Kecamatan Kupang Tengah.”

1.2 Kajian Pustaka

1.2.1 Kerbau

Kerbau rawa (*Bubalus bubalis*) merupakan hewan ternak yang didomestifikasi 3.000-7.000 tahun yang lalu sebelum masehi. Hal ini membuat genus kerbau (*Bubalus* sp.) jauh lebih mudah dibandingkan kerabatnya, yakni genus *Bos* yang didomestifikasi 10.000 tahun yang lalu sebelum masehi. Hingga saat ini khusus di daerah Asia tenggara dan India memiliki dua jenis subspecies kerbau yang berbeda (sungai dan rawa) berasal dari populasi kerbau air liar Asia yang berbeda. kerbau liar Asia yang berbeda sekitar 900.000 tahun sebelum Masehi (SM) dan dan berevolusi di wilayah geografis yang terpisah. Kerbau liar asia dianggap sebagai nenek moyang kerbau yang paling mungkin, dan hipotesis yang paling diterima mendukung dua peristiwa domestikasi dari kerbau sungai dan rawa (Minervino et al., 2020).

Kerbau merupakan jenis hewan ruminansia, yaitu hewan yang memiliki perilaku mengeluarkan kembali makanan yang telah sebelumnya telah ditelan dan akan di kunyah hingga betul-betul mendapatkan serat yang halus atau biasa disebut *bolus*. Frekuensi aktivitas menelan bolus lebih banyak dilakukan dibanding aktivitas menelan makanan sebelum ruminansi, hal ini karena makanan yang telah dikunyah kemudian disimpan lama di dalam rumen. Pengunyahan yang merupakan proses pada saat makan dan ruminansi merupakan aktivitas yang melengkapi dalam pengurangan ukuran partikel serta Rumen untuk tempat penyimpanan makanan sementara.

1.2.2 Taksonomi Kerbau dan Karakteristik Kerbau

Secara ilmiah, pengelompokan kerbau lumpur dalam sistem klasifikasi biologi yang didasarkan pada hierarki taksonomi sebagai berikut. Menurut Pramaditha et al., (2020), taksonomi dari kerbau adalah :

Kingdom	: Animalia
Subkingdom	: Bilateria
Phylum	: Chordata
Subphylum	: Vertebrata
Superclass	: Tetrapoda
Class	: Mammalia
Subclass	: Theria
Order	: Artiodactyla
Family	: Bovidae

Subfamily : *Bovinae*
 Genus : *Bubalus*
 Spesies : *Bubalus bubalis*

Karakteristik kerbau rawa meliputi warna kulit dominan abu-abu kehitaman, ukuran bobot badan kerbau jantan dewasa rata-rata 435 kg dan kerbau betina dewasa rata-rata 367 kg, serta bentuk tanduk yang dominan dimiliki kerbau jantan dan betina dewasa kebanyakan melengkung ke atas. Kerbau merupakan salah satu ternak ruminansia besar yang telah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia. Meskipun kerbau belum banyak mendapatkan perhatian dari segi pemeliharaannya, akan tetapi kerbau merupakan salah satu ternak lokal yang memiliki sejumlah keunggulan dan memberi banyak manfaat khususnya bagi petani dan peternak, dikarenakan peternakan kerbau bagian penting dari pengembangan peternakan untuk mendukung pembangunan pertanian di masyarakat pedesaan (Setiawan, 2022). Karena fungsinya banyak orang-orang desa yang memelihara hewan ini, toraja salah satunya. Didaerah toraja kerbau banyak manfaatnya mulai dari hewan konsumsi, hewan kontes dan hewan pekerja.



Gambar 1. Kerbau (Minervino et al., 2020)

1.2.3 Sistem Urinari pada Kerbau

Sistem urinari didefinisikan sebagai sekumpulan organ yang bertanggung jawab untuk produksi urin dan pengeluarannya dari tubuh, termasuk ginjal dan saluran kemih. Fungsi utama sistem kemih adalah mengatur volume dan komposisi cairan tubuh serta mengeliminasi metabolit sisa. Berbeda dengan sistem respirasi, integumen, dan pencernaan yang turut berperan dalam ekskresi, sistem urinari memiliki kapasitas unik mengendalikan keseimbangan air dan elektrolit secara tepat untuk mempertahankan homeostasis cairan tubuh (Colville dan Bassert, 2016).

Sistem kemih terdiri dari dua ginjal, dua ureter, kandung kemih, dan uretra. Ginjal yang berpasangan berfungsi menyaring limbah metabolisme dari darah, mengatur komposisi cairan plasma, serta menjalankan beberapa fungsi hormonal. Sistem saluran halus di dalam setiap ginjal bergabung membentuk sebuah saluran berdinding otot dan lendir yang disebut ureter, yang berjalan ke bawah dan bermuara ke kandung kemih. Kandung kemih merupakan organ yang dapat mengembang

sebagai tempat penyimpanan sementara urin. Ketika kandung kemih telah penuh, urin dikeluarkan melalui uretra ke luar tubuh (Fails dan Magee, 2018).

a. Ginjal

Ginjal adalah kelenjar berbentuk oval atau kacang berwarna coklat kemerahan yang berpasangan dan terletak di bagian tengkorak atas rongga perut dan di atas peritoneum. Secara superfisial, setiap ginjal dibagi menjadi beberapa lobus oleh celah-celah yang tetap terisi oleh lemak, ginjal kerbau bagian kanan berbentuk piramida sedangkan ginjal kerbau bagian kiri berbentuk oval atau memanjang. Ginjal kanan terletak di bawah tulang rusuk terakhir serta dua atau tiga processus transversal lumbal pertama, sedangkan ginjal kiri kerbau terletak di bawah corpus vertebra lumbal 3, 4, dan 5. Ginjal memiliki peranan yang sangat penting yakni untuk menyaring sisa hasil metabolisme dalam darah untuk dibuang ataupun dimanfaatkan kembali (Meel et al., 2023).

b. Ureter

Ureter adalah tabung berotot yang mengalirkan urin dari ginjal ke kandung kemih. Otot polos ureter mengalami gelombang kontraksi peristaltik yang mendorong aliran air seni ke kandung kemih. Setiap ureter berasal dari pelvis ginjal (atau kaliks utama ginjal sapi) dan bermuara ke dalam kantung kemih di dekat lehernya di trigone. Cara ureter melewati dinding kantung kemih secara miring menciptakan katup untuk mencegah aliran balik air seni kembali lagi ke dalam ginjal. Apabila air seni kembali lagi ke ginjal akan berbahaya bagi tubuh karena akan menimbulkan masalah bagi metabolisme serta homeostatis tubuh (Meel et al., 2023).

c. Vesica Urinaria

Kandung kemih adalah organ berotot berongga yang ukuran dan posisinya bervariasi sesuai dengan jumlah urin yang dikandungnya. Kandung kemih dapat diilustrasikan dengan bentuk balon yang diisi dengan air, saat kantong kemih terisi ukurannya akan bertambah besar. Ginjal yang berkontraksi adalah organ berdinding tebal berbentuk piramida di dasar rongga panggul. Saat terisi dengan air seni, dindingnya *colvil* akan menipis, dan membesar ke arah sumbu *cranial* dan kemudian ke dalam rongga perut (Fails dan Magee, 2018).

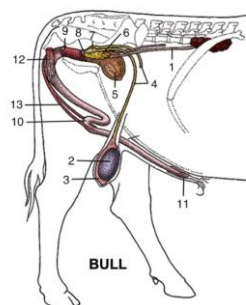
d. Uretra

Uretra merupakan tabung yang menyalurkan urin ke luar dari kantung kemih, Uretra pelvis terentang mulai dari vesika urinaria sampai ke askial. Pada hewan jantan, bagian uretra pelvis menerima masuknya duktus deferens dan duktus yang berasal dari kelenjar kelamin aksesoris. Uretra pelvis dikelilingi oleh otot Uretra seran lintang yang berhubungan dengan otot *bulbospongiosum* yang menutupi sebagian dari *pars spongiosa* disekitar Uretra penis. Fleksus vena membentuk jaringan kavernosa diantara selaput epitel dan otot sekitarnya. Mengelilingi Uretra penile, jaringan kavernosa itu berkembang sempurna dan disebut *corpus spongiosum* penis. Korpus tersebut bersambungan dengan *corpus spongiosus glandis* pada bagian *cranial* dan *bulbosa* penis pada *caudal bulbos* penis yang

terletak diantara akar-akar penis, menerima darah dari arteri *bulba* (Fradson, 1992).

e. Penis

Leher kandung kemih bersambung dengan uretra, saluran menuju bagian luar tubuh. Otot polos dinding kandung kemih tersusun dalam tiga lembar; pada leher kandung kemih, otot polos ini dapat membentuk sfingter otot polos yang mengontrol aliran urin ke dalam uretra, meskipun peran yang tepat dari otot intramural kandung kemih dalam menciptakan sfingter yang sebenarnya masih diperdebatkan. Uretra panggul memanjang dari kandung kemih melintasi dasar saluran panggul ke lengkung iskiat. Pada hewan jantan, saluran ini menerima duktus deferens dan saluran dari kelenjar kelamin aksesori, kemudian melewati penis sebagai uretra penis (Fails dan magee, 2018).



Gambar 2. Sistem Urinari pada sapi/kerbau jantan [1, Ureter; 2, right testis; 3, epididymis; 4, deferent duct; 5, bladder; 6, vesicular gland; 7, ampulla of deferent duct; 8, body of prostate; 9, bulboUretral gland; 10, sigmoid flexure of penis; 11, glans penis; 12, ischiocavernosus; 13, retractor penis] (Cark, 2024)

1.2.4 Urolithiasis dan Kristaluria

Urolithiasis adalah penyakit saluran kemih yang umum terjadi pada kerbau, hampir secara eksklusif menyerang kerbau jantan (Yadav *et al.*, 2024). *Urolithiasis* merupakan gangguan pada sistem urinari hewa karena adanya pembentukan batu atau urolith (Ravikumar *et al.*, 2019). Menurut Nafi'ah dan Kendran (2022), Kristaluria sangat berkaitan erat dengan pembentukan urolith, yang mana jumlah kristaluria yang tinggi didalam saluran perkemihan akan mengendap dan akan bergabung satu sama lain sehingga tercipta *urolith*. *Urolith* umumnya terdiri dari lima jenis, yakni batu kalsium oksalat, batu kalsium fosfat, batu *struvit*, batu asam urat, dan batu *sistin* (Zhang *et al.*, 2024).

Kristaluria adalah ketidakseimbangan antara promotor dan inhibitor; yang pertama adalah organ pembentukan kristal dan yang terakhir (terdiri dari zat dengan berat molekul rendah atau tinggi) memiliki sifat fisikokimia yang berlawanan dengan satu atau beberapa langkah proses kristalisasi. Pecahnya kesetimbangan mungkin disebabkan oleh konsentrasi promotor yang berlebihan atau cacat konsentrasi inhibitor atau perubahan struktur molekulnya. Perubahan keadaan ionisasi promotor atau inhibitor, terutama di bawah pengaruh pH urin, memainkan peran

penting dalam menciptakan ketidakseimbangan ini, dan juga dalam pemulihannya dengan perawatan medis (Frochot dan Daudon, 2016).

Beberapa jenis kristal urin dikaitkan dengan peningkatan risiko penyakit batu ginjal berdasarkan komposisi kimia dan kristalnya, fasies kristal, kelimpahan kristaluria, ukuran kristal, tingkat agregasi dan kembaran kristal serta frekuensi kristaluria (Bailo et al., 2021). Kristal kalsium oksalat dihidrat (CaOx atau *weddellite*) umumnya berbentuk oktahedral atau bipiramidal, dan mengadopsi konformasi *dodecahedral*. Ketika kadar kalsium dalam urin meningkat. Peningkatan kadar kalsium dalam urin meningkatkan risiko pembentukan batu, karena kalsium adalah promotor kristalisasi. Kristal CaOx berukuran 7-8 μm dapat ditemukan pada subjek yang sehat, sedangkan keberadaan kristal CaOx >35 μm menunjukkan pembentukan batu yang aktif dan risiko kekambuhan yang lebih tinggi. Demikian juga, urolitiasis dikaitkan dengan adanya kristal asam urat >100 μm . Akhirnya, adanya kalsium oksalat monohidrat (CaOx , *wewellite*) dan dihidrat dalam sedimen kemih yang sama, terkait dengan hiperoksaluria dan hiperkalsiuria secara bersamaan, meningkatkan risiko urolitiasis.

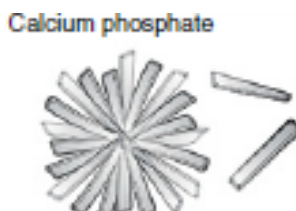
a. Kalsium Oksalat



Gambar 3. Kalsium Oksalat (Macneill dan Barger, 2024)

Kristal ini tersedia dalam berbagai ukuran dan bentuk; bisa berbentuk piramida ganda, huruf atau berbentuk jam pasir, berbentuk segienam memanjang, dan berbentuk oval. Selain itu apabila dilakukan pengamatan dibawah mikroskop maka akan terlihat berwarna ransparan atau kekuningan di mikroskop cahaya. Kristal jenis ini patut diwaspadai karena jika terdapat peningkatan bisa menandakan adanya gangguan pada sistem perkemihan (Ravikumar et al., 2019)

b. Kalsium Fosfat

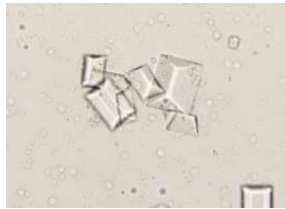


Gambar 4. Kalsium Fosfat (Macneill dan Barger, 2024)

Kristal kalsium fosfat bisa muncul dalam bentuk lempengan atau jarum yang tidak berwarna. Lempengnya tipis dan rata, sedangkan pada bagian jarum/lancip

panjang dan tipis. Signifikansi diagnostik kristal kalsium fosfat terlihat pada kondisi hiperkalsiuria dan *hiperfosfaturia*.

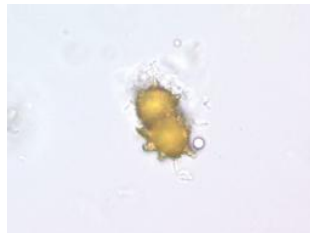
c. **Struvit**



Gambar 5. Struvit (Macneill dan Barger, 2024)

Kristal fosfat - kristal struvit adalah yang paling umum (*amonium magnesium fosfat*) - dapat terjadi pada beberapa anjing dan kucing yang sehat, terutama pada urin yang bersifat basa. Kristal struvite adalah prisma tak berwarna, yang paling sering berbentuk batangan emas atau menyerupai tutup peti mati, meskipun dalam praktiknya bentuk kristal struvite yang tidak lazim dapat diamati, seperti tanaman pakis (Macneill dan Barger, 2024).

d. **Asam Urat**



Gambar 6. Asam Urat (Macneill dan Barger, 2024)

Kristal asam urat biasanya memiliki karakteristik seperti, berwarna kuning kecokelatan, dengan tonjolan yang tidak teratur. Terkadang kristal amonium urat dengan permukaan yang halus tanpa tonjolan yang terlihat muncul dalam endapan urin dan dapat disalahartikan sebagai kristal kalsium karbonat. Morfologi yang dimiliki oleh kristal jenis ini tentunya menjadi tantangan bagi para analis laboratorium untuk mengidentifikasinya (Macneill dan Barger, 2024).

e. **Sistin**



Gambar 7. Sistin (Macneill dan Barger, 2024)

Kristal Sistin memiliki bentuk seperti pelat heksagonal di sebagian besar kasus, seringkali tidak teratur, muncul secara individual atau dalam agregat besar.

Kemunculan jenis kristal ini perlu diwaspadai dan mendapatkan perhatian yang lebih lanjut, hal ini karena sifatnya yang menandakan adanya fungsi abnormal pada sistem perkemihan (Macneill dan Barger, 2024).

1.2.5 Patogenesis

Perkembangan penyakit tentunya memiliki mekanismenya tersendiri berdasarkan agen penyebab. Yohannes dan Tesfay (2024) menyatakan bahwa, pembentukan batu dan perkembangan urolitiasis merupakan proses yang kompleks dan terjadi dalam serangkaian fase mulai dari pembentukan nidus, konsentrasi urin, dan terakhir pengendapan berbagai garam dari urin. Pembentukan batu urin bergantung pada supersaturasi urin dengan mineral terionisasi yang larut. Pembentukan kristal terjadi ketika kapasitas penghambatan mukopolisakarida, ion, dan asam organik terlampaui. Berikut ini adalah tahapan dari pembentukan urolit :

a. Supersaturasi

Supersaturasi urin, gaya penggerak termodinamika untuk pembentukan dan pertumbuhan kristal, telah diakui sebagai fundamental dalam patogenesis batu ginjal. Ketika lingkungan urin menjadi jenuh dengan garam pembentuk batu seperti kalsium oksalat, kalsium fosfat, atau asam urat, kristalisasi terjadi, yang berpotensi menyebabkan pembentukan batu. Supersaturasi relatif (RSS) memberikan ukuran kuantitatif dari proses ini, yang mencerminkan hubungan antara hasil kali aktivitas garam pembentuk batu dan hasil kali kelarutan termodinamikanya (Aji et al., 2025). Ketika mineral dalam urine mencapai konsentrasi melebihi kelarutannya atau biasa disebut supersaturasi. Kondisi ini mengakibatkan kondisi lingkungan yang mendukung pembentukan kristalurin, kristalurin bisa terbentuk karena konsentrasi zat terlarut terlalu tinggi dibanding zat pelarut. Hal ini mengakibatkan zat terlarut menggumpal sehingga bisa menjadi sebuah urolith (Allam, 2024)

b. Nukleasi

Nukleasi adalah proses di mana ion-ion bebas dalam larutan berasosiasi menjadi partikel-partikel mikroskopis. Kristalisasi dapat terjadi di lingkungan mikro larutan, seperti yang mungkin ada di titik-titik tertentu di nefron, serta di permukaan, seperti permukaan sel dan matriks ekstraseluler. Partikel kecil (seperti debris sel atau protein) menjadi inti pembentukan kristal (Khanam et al., 2024). Menurut Satapathy et al., (2025), Kristal benih dapat berkembang melalui proses nukleasi ketika urin menjadi jenuh berlebih (ketika pelarut urin mengandung lebih banyak zat terlarut daripada yang dapat ditampungnya dalam larutan) dengan satu atau lebih bahan kimia pembentuk kristal (kalkogenik). Nukleasi adalah tahap awal transisi larutan jenuh berlebih dari fase cair ke fase padat. Langkah pertama dalam proses ini adalah pencampuran garam batu ginjal dalam larutan menjadi gugus-gugus longgar, yang berpotensi tumbuh ukurannya seiring penambahan lebih banyak komponen atau gugus. Kristal pertama dengan susunan kisi yang khas dan tanpa pelarutan disebut nukleus. Nukleus biasanya terbentuk pada permukaan yang sudah ada sebelumnya dalam urin, suatu proses yang dikenal sebagai

nukleasi heterogen.

c. Agregasi

Agregasi adalah proses di mana terjadi penggumpalan kristal yang terbentuk dalam larutan bebas menjadi partikel multikomponen yang lebih besar. Proses ini juga dapat mencakup fenomena nukleasi sekunder kristal baru pada permukaan kristal yang telah terbentuk. Struktur batu menunjukkan bahwa salah satu dari proses ini harus terjadi agar batu tumbuh hingga ukuran yang signifikan secara klinis. Kristal mineral lama kelamaan akan menumpuk dan membesar membentuk batu (Chaiyarit dan Thongboonkerd, 2017). Selain itu Satapathy et al., (2025) menyebutkan bahwa, Pertumbuhan dan agregasi kristal memainkan peran penting dalam setiap tahap produksi batu. Partikel besar terbentuk dalam proses ini ketika kristal dalam larutan saling menempel. Dalam perkembangan batu, ini adalah tahap yang paling penting. Meskipun pembentukan kristal tidak diragukan lagi merupakan fase dalam pembentukan batu ginjal, proses pertumbuhannya sangat lambat sehingga kristal tidak dapat membesar hingga titik di mana mereka dapat menyumbat tubulus ginjal dan tertahan di sana hanya oleh mekanisme ini karena cairan tubulus membutuhkan beberapa menit untuk mengalir melalui ginjal

d. Retensi

Fase selanjutnya adalah retensi kristal, di mana kristal yang terus bertambah besar terjebak di mukosa saluran kemih, menginduksi respons inflamasi kronis dan deposisi matriks organik yang mengikat kristal menjadi struktur batu yang kohesif. Batu yang telah membesar dan telah stabil (batu keras) akan masuk kedalam duktus, namun karena ukurannya yang terlalu besar, maka batu tersebut akan terjebak di uretra (terutama pada sapi jantan) kemudian menyumbat aliran urine (Satapathy et al., 2025).

1.2.6 Faktor Predisposisi

1. Musim

Kasus *urolithiasis* sekitar 50% terjadi pada musim dingin. Penelitian mencatat jumlah kasus tertinggi selama musim dingin dan paling sedikit selama musim panas. Kurangnya asupan air dan pemberian konsentrat tinggi dapat menjadi penyebab insiden urolitiasis tertinggi di musim dingin. Pada musim hujan karena ketersediaan hujan dan hijauan yang lebih tinggi, kejadian urolitiasis obstruktif ditemukan secara signifikan lebih rendah. (Sharun et al., 2021)

Berdasarkan temuan dari penelitian Abdallah et al.(2021), menyatakan bahwa peningkatan kasus urolitiasis terjadi di musim dingin (November-Februari). Pola ini mirip seperti dengan data dari kasus-kasus tahun sebelumnya. Penurunan asupan air dengan pemberian pakan konsentrat tinggi dan berseem (Semanggi mesir) rendah karoten yang biasanya diberikan pada musim dingin dapat menjelaskan insiden kasus yang lebih tinggi selama bulan-bulan musim dingin.

2. Kastrasi Hewan

Kastrasi pada hewan ruminasia yang belum mengalami masa pubertas memiliki resiko yang tinggi untuk mengalami kejadian *urolithiasis*. Hal ini sesuai dengan penelitian Riedi et al. (2018), bahwa studi yang melibatkan 270 ruminansia kecil dengan *urolithiasis* obstruktif menemukan bahwa 81,2% kambing dan 7,9% domba dalam populasi studi telah dikastrasi. Meskipun demikian, distribusi ini lebih mencerminkan demografi populasi risiko daripada perbedaan spesies dalam pengembangan *urolithiasis*. Penelitian ini menunjukkan bahwa kastrasi pada hewan ruminasia dibawah usia 3 bulan (≤ 3 bulan) memiliki resiko kasus *urolithiasis* yang lebih tinggi dibandingkan hewan yang lambat atau tidak dikastrasi.

Hewan yang dikastrasi sebelum mencapai usia pubertasnya akan menghambat proses perkembangan dan pertumbuhan uretra sehingga lumen uretra tetap berukuran kecil yang akan mengakibatkan obstruksi akibat urolith yang terperangkap dalam uretra. Selain itu kastrasi mengurangi produksi testosteron, yang berperan dalam perkembangan normal saluran kemih, termasuk diameter uretra dan kekuatan otot *destrusor* kandung kemih. Testosteron juga memengaruhi sekresi mukoprotein dalam urine yang membantu mencegah agregasi kristal (Augustyn et al., 2026). Hal ini juga didukung oleh penelitian Simson dan Streeter (2016), bahwa Pengebirian pada usia dini mengakibatkan penurunan diameter uretra 2,7 dan peningkatan kemungkinan urolitiasis obstruktif; sapi jantan berusia 8–12 bulan dilaporkan memiliki risiko tertinggi terkena penyakit klinis. 4 Oleh karena itu, penundaan pengebirian hingga hewan berusia minimal 6 bulan direkomendasikan.

3. Kebiasaan Makan

Pakan dan makanan ternak yang diberikan kepada hewan secara langsung mempengaruhi pembentukan dan sifat batu, yang menyebabkan manifestasi penyakit dalam berbagai bentuk dan tingkatan. Konsentrat tinggi dan ransum serat kasar rendah meningkatkan konsentrasi mukoprotein dalam urin yang bertindak sebagai agen penyemenan untuk pengendapan mineral jenuh sehingga hewan rentan terhadap perkembangan batu. Pakan yang mengandung fosfor dan magnesium (Adhikari dan Shah, 2025). Hal ini juga diperkuat oleh Sickinger dan Windhorst (2022), bahwa efek dari komponen nutrisi tunggal (terutama protein kasar, kandungan mineral, dan agen pengkompleks) terhadap risiko terbentuknya urolitiasis pada ruminansia kecil. Percobaan pemberian pakan berbasis sorgum mengasumsikan peningkatan kasus urolitiasis, karena ransum pakan mencakup kulit biji kapas dan tepung biji kapas. Komponen-komponen ini memiliki konsentrasi protein tinggi dan proporsi mineral suboptimal yang dapat menyebabkan urolitiasis.

4. Asupan air

Salah satu faktor predisposisi dari pembentukan kristal urin yang tidak terkontrol adalah frekuensi minum air dari hewan. Kurangnya minum air dapat meningkatkan kemungkinan pembentukan kristal dari urin terkonsentrasi sehingga menyebabkan *urolithiasis* (Plumeriastuti et al., 2023). Selain itu kualitas air yang diminum juga bisa menjadi salah satu penyebab pembentukan kristal, hal ini biasanya di pengaruhi oleh geografis seperti kualitas tanah yang berkapur. Tanah

yang memiliki kandungan kapur yang tinggi kemungkinan besar akan berpengaruh pada air, dimana air biasanya memiliki kandungan logam yang tinggi seperti magnesium dan kalsium (Bheja et al., 2022).

1.2.7 Dipstik Urin

Dipstik urin merupakan alat diagnostik penting dalam kedokteran hewan. Hal ini penting untuk diagnosis dan pemantauan kondisi umum pada hewan dan juga direkomendasikan sebagai komponen penting dari pemeriksaan kesehatan rutin pada hewan. Analisis urin yang tepat dapat membantu mendeteksi berbagai penyakit metabolik seperti ketosis dan diabetes dengan memperkirakan konsentrasi glukosa dan keton, kelainan hati pada estimasi bilirubin, dan hemolisis intravaskular pada peningkatan konsentrasi hemoglobin. Urin telah menjadi salah satu cairan biologis yang paling mudah diakses karena dapat diperoleh secara non-invasif dalam jumlah besar (Yadav et al., 2020)

Penggunaan dipstik urin dikenal praktis dalam penggunaannya serta mampu memberikan informasi yang secara relatif telah melalui proses validasi untuk berbagai parameter urinalisis. Meskipun demikian, terdapat keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasilnya, terutama pada hewan ruminansia. Sifat basa fisiologis urin pada sapi, sebagai contoh, dapat menyebabkan tingginya jumlah hasil positif palsu pada uji protein menggunakan strip. Hal ini disebabkan karena pH urin yang tinggi dapat mempengaruhi reaksi indikator pada strip sehingga menghasilkan perubahan warna yang tidak spesifik untuk protein. Akibatnya, hasil proteinuria yang terdeteksi melalui metode dipstik pada sapi memerlukan verifikasi lebih lanjut untuk memastikan keakuratannya. Sayangnya, sejumlah penelitian maupun laporan kasus selama ini belum melakukan konfirmasi lebih lanjut terhadap temuan proteinuria yang terdeteksi melalui strip uji pada sapi, sehingga validitas temuan tersebut masih perlu dikaji ulang dengan metode yang lebih spesifik seperti uji asam sulfosalisilat atau pemeriksaan laboratorium kuantitatif lainnya. (Herman et al., 2019).

a. pH

pH urin normal bervariasi menurut jenis hewan, di mana hewan karnivora dan omnivora seperti anjing dan kucing memiliki urin asam, sedangkan herbivora seperti kuda dan ruminansia memiliki urin alkalis; perubahan pH dapat mengindikasikan gangguan keseimbangan asam-basa, sistitis bakterial, atau pengaruh diet dan terapi (Macneill dan Barger, 2024). Menurut Parrah et al.(2013), pH urin yang normal pada ruminansia (sapi dan kerbau) memiliki nilai pH alkalis normal pada rentang 7.0-8.4. Pengukuran pH yang akurat sangat penting untuk menunjang pemeriksaan penyakit saluran kemih, khususnya kasus *urolithiasis*. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan menggunakan strip urinalisis, pH meter rentang sempit dan pH meter portabel. Ketiga alat tersebut yang paling direkomendasikan adalah pH meter portabel karena memiliki keakuratan yang tepat. Kasus *Urolithiasis* sapi banyak ditemukan pada urin yang memiliki pH basa, meskipun demikian pH asam juga bukan temuan yang jarang terjadi.

b. Glukosa

Glukosa dalam urin hewan seharusnya negatif, dan glukosuria terjadi apabila kadar glukosa darah melebihi ambang batas reabsorpsi ginjal yang berbeda-beda antarspesies, yang dapat ditemukan pada kondisi stres, diabetes mellitus, atau hiperadrenokortisisme (Macneill dan Barger, 2024). Strip dipstik urin mendeteksi glukosa melalui reaksi kimia enzim yang menyebabkan perubahan warna yang proporsional dengan jumlah glukosa yang tersedia. Namun parameter Glukosa pada uji dipstik tidak selamanya menunjukkan hasil yang positif, terkadang bisa memperoleh hasil negatif palsu dikarenakan dipstik yang sudah kadaluarsa (Vaden dan Elliott, 2016).

c. Keton

Keton biasanya diproduksi dalam kadar rendah yang tidak terdeteksi dalam urin. Pilihan pemantauan keton yang tersedia meliputi strip uji reagen nitroprusida (strip kimia) dan meter keton beta-hidroksibutirat. Keton dinilai dalam strip kimia melalui reaksi legal. Reaksi ini bergantung pada reaksi urin asetoasetat dengan nitroprusida dengan adanya alkali. Reaksi positif dideteksi oleh perubahan warna, mulai dari ungu muda hingga ungu tua. Aseton dan asetoasetat dapat dideteksi di semua strip reagen nitroprusida. Ketonuria menunjukkan perubahan dari metabolisme karbohidrat ke metabolisme lemak. Pergeseran ini paling sering diidentifikasi pada hewan kecil dengan ketosis sekunder akibat diabetes melitus, tetapi kelaparan juga menyebabkan peningkatan keton (Yadav et al., 2020). Keton dalam urin normal bersifat negatif, namun hasil positif dapat terjadi pada kelaparan, diabetes mellitus, ketosis sapi, atau toksemia kebuntingan domba, dengan catatan bahwa banyak dipstik urin tidak sensitif terhadap asam β -hidroksibutirat (Macneill dan Barger, 2024).

d. Bilirubin

Bilirubin terkonjugasi dapat dideteksi oleh dipstik urin, di mana jumlah kecil bilirubin normal ditemukan pada anjing jantan, namun bilirubinuria pada kucing selalu dianggap abnormal dan mengindikasikan penyakit hati, sumbatan empedu, atau penyakit hemolitik (Macneill dan Barger, 2024). Pengukuran urobilinogen urin merupakan tes lama yang membantu mendiagnosis patensi saluran empedu, namun saat ini secara klinis dianggap tidak berguna. Bantalan strip tes bilirubin mendeteksi bilirubin melalui reaksi kimia, menghasilkan perubahan warna yang menunjukkan jumlah bilirubin yang ada. Karena bilirubin terdegradasi oleh sinar ultraviolet, sampel urin tidak boleh langsung terpapar cahaya (Yadav et al., 2020).

e. Darah

Kondisi hematuria (adanya eritrosit utuh dalam urin) atau hemoglobinuria (akibat eritrosit yang lisis) dapat ditunjukkan sebagai positif darah pada tes strip urin atau mioglobinuria yang disebabkan oleh kerusakan otot rangka. Penyebab ini dapat dibedakan dengan pemeriksaan sedimen urin, dan hitung darah lengkap pasien serta parameter biokimia serum. Strip tes darah dalam urin mendeteksi senyawa yang mengandung heme melalui proses kimia enzimatik, yang menghasilkan perubahan warna dibandingkan dengan jumlah zat yang ada. Interpretasi strip tes untuk darah dan hemoglobin dalam urin mungkin bermasalah jika terdapat hematuria berat,

karena bantalan mungkin tidak dapat membedakan secara andal antara hematuria dan hemoglobinuria (Yadav et al., 2020).

f. Protein

Hewan yang sehat praktis tidak akan mengeluarkan protein, tetapi tentu saja kurang dari batas deteksi protein urin biasa. Glomerulus adalah struktur ginjal yang berfungsi sebagai filter yang permeabel terhadap air dan zat terlarut, tetapi menahan sel dan sebagian besar makromolekul, seperti albumin dan globulin. Total protein urin dapat diukur dengan strip uji urin, asam sulfosalicylic (SSA) (uji sulfosalicylic), atau rasio protein kreatinin urin (UPC). Strip uji protein lebih spesifik terukur terutama pada albumin dibandingkan dengan globulin (Yadav et al., 2020). Uji dipstik juga terkadang menghasilkan hasil negatif palsu. Uji dipstik paling sensitif terhadap albumin, dapat menjadi indikator awal penyakit ginjal apabila disertai sedimen yang tidak aktif dan berat jenis urin yang rendah, meskipun hasil positif palsu dapat terjadi pada urin yang sangat alkalis (Macneill dan Barger, 2024).

g. Leukosit

Leukosit pada dipstik urin bersifat spesifik untuk manusia dan tidak berguna dalam kedokteran hewan karena tidak bereaksi silang dengan sebagian besar spesies hewan, sehingga kehadiran sel darah putih harus dievaluasi melalui pemeriksaan mikroskopis sedimen urin (Macneill dan Barger, 2024). Dipstick urin tidak mendeteksi leukosit secara langsung, melainkan mendeteksi enzim *leukocyte esterase*. Enzim ini diproduksi oleh leukosit (neutrofil) dan keberadaannya di urin menandakan adanya peradangan atau infeksi. Dipstick komersial diproduksi menggunakan *leukocyte esterase* yang bersumber dari leukosit manusia sebagai bahan baku untuk kontrol dan kalibrasi. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh proses pembuatannya dioptimalkan untuk merespons enzim dari manusia (Da et al., 2025).

h. Nitrit

Nitrit menunjukkan bakteriuria, khususnya keberadaan bakteri yang mampu mereduksi nitrat menjadi nitrit. Hasil positif nitrit pada tes strip urin menunjukkan bahwa bakteri dalam urin telah mengubah nitrat menjadi nitrit. Proses ini difasilitasi oleh enzim nitrat reduktase, yang sebagian besar ditemukan pada bakteri gram negatif (Malau dan Adipireno, 2019). Tes strip urin terutama mendeteksi dua indikator utama infeksi: esterase leukosit dan nitrit urin. Dalam praktik klinis, tes strip urin dianggap positif untuk bakteriuria ketika salah satu atau kedua indikator infeksi menunjukkan perubahan warna positif setelah waktu yang telah ditentukan setelah strip dicelupkan ke dalam urin yang baru dikumpulkan. Tes dianggap negatif untuk bakteriuria ketika kedua penanda tersebut tidak ada (Moragas et al., 2026).

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan selama 31 hari yang dimulai pada tanggal 30 Desember s.d 30 Januari 2026. Pengambilan sampel dilakukan di Kabupaten Tana Toraja. Sampel yang diambil adalah urin kerbau jantan yang ditemui dalam wilayah Kecamatan Gandangbatu Sillanan. Pemeriksaan sampel dilakukan secara langsung di lokasi menggunakan dipstik urin dan Laboratorium Pusat Kesehatan Hewan (Puskeswan) Makale serta Puskesmas Buntu Kabupaten Tana Toraja.

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sampel di laboratorium adalah penampung urin, Alat koleksi urin, tabung sentrifuge, sentrifuge, mikroskop, pipet tetes, tabung reaksi, gunting, tabung reaksi atau gelas botol bening berukuran 20 ml. Bahan yang digunakan dalam pengujian sampel di laboratorium berupa urin kerbau jantan sebanyak 44 sampel, Dipstik urin, aqua 100 ml, tissue, objek glass, *cover glass*.

2.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah kerbau jantan dengan usia ≥ 1 tahun yang dipelihara di Gandangbatu sillanan, dapat dilakukan pengumpulan sampel dengan metode *non-invasive* pada saat hewan miksi, disetujui oleh pemilik/peternak secara sukarela, dan hewan tampak sehat saat dilakukan koleksi sampel. Untuk kriteria eksklusi adalah volume urin yang tidak mencukupi untuk pemeriksaan laboratorium, sampel yang tidak diperiksa dalam batas waktu penyimpanan yang ditetapkan, serta kerbau dengan riwayat pengobatan yang dapat memengaruhi komposisi urin.

2.4 Metode Penelitian

2.4.1 Koleksi Sampel

Penampungan dilakukan *secara non-invasive*, yaitu penampungan dengan menunggu kerbau melakukan miksi atau urinasi. Sampel urin langsung dikoleksi pada saat urinasi dengan menggunakan alat koleksi urin, setelah itu dimasukkan kedalam tempat penyimpanan urin. Pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah Sampling yang di ambil adalah urin kerbau dengan jenis kelamin jantan dengan usia minimal 1 tahun.

2.4.2 Metode Pengujian

2.4.2.1 Pemeriksaan urin secara mikroskopis

Prinsip urin mengandung elemen-elemen sisa dari hasil metabolisme didalam tubuh, elemen tersebut ada yang secara normal dikeluarkan dan ada yang secara bersama-sama dengan urin tetapi ada pula yang dikeluarkan pada keadaan tertentu. Elemen akan mengendap jika dilakukan sentrifus dan endapan dapat dilihat dibawah mikroskop

Prosedurnya sampel urin di homogenkan terlebih dulu kemudian dipindahkan kedalam tabung sentrifuge sebanyak 10 ml. Selanjutnya sentrifuge dengan kecepatan relatif rendah (sekitar 1500 sampai 2000 rpm) selama 5 menit.

Setelah itu tabung dibalik dengan cepat (*decanting*) untuk membuang supernatant sehingga tersisa endapan kira-kira 0,2 sampai 0,5 ml. Endapan diteteskan ke gelas obyek dan ditutup dengan coverglass. Dasar tabung dikocok untuk meresuspensikan sedimen, kemudian periksa dibawah mikroskop dengan memakai lensa objektif kecil (10×). Setelah itu sedimen diperiksa dengan memakai lensa objektif besar (40×).

2.4.2.2 Uji Dipstik Urin

Dipstik urin merupakan alat murah yang terbuat dari kertas atau plastik dengan berbagai segmen (bantalan reaksi) yang dapat berubah warna jika terdapat zat tertentu yang diinginkan, dan perubahan warna tersebut dapat dibandingkan dengan bagan warna yang diberikan oleh produsen untuk penafsiran hasil (Dasgupta dan Wahed, 2021).

Pemeriksaan dengan dipstik urin dilakukan dengan cara diteteskan dengan bantuan pipete tetes pada setiap indikator dipstik selama 0,5 - 1 menit. Setelah dilakukan pada masing-masing sampel, dipstik urin kemudian di dipindahkan ke tissue lalu tunggu selama 3 menit untuk melihat perubahan warna dari parameter. Untuk hasil yang maksimal sebaiknya dilakukan 2 sampai 3 kali pada setiap sampel urin.

2.4.3 Variabel Penelitian

Variabel yang diteliti dalam penelitian ini pemeriksaan makroskopis dalam hal ini menggunakan distik urin, sedangkan pemeriksaan mikroskopis untuk melihat jenis kristal yang ada dalam urin dengan bantuan sentrifuse dan mikroskop untuk melihat endapan dalam urin kerbau di Kecamatan Gandangbatu Sillanan. Selanjutnya, data hasil pemeriksaan dipstik dan mikroskopis dianalisis secara statistik untuk melihat hubungan antara pH urin dengan jenis kristal yang terbentuk.

2.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara univariat dan bivariat. Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan distribusi frekuensi dan persentase variabel penelitian, meliputi profil pH urin, keberadaan hematuria dan nitrituria, serta jenis kristal yang ditemukan. Hasil analisis univariat disajikan dalam bentuk tabel dan dinarasikan secara deskriptif. Analisis bivariat menggunakan uji *Fisher's Exact Test* dilakukan untuk menguji hubungan antara kategori pH urin (basa dan netral) dengan jenis kristal dominan (struvit dan non-struvit). Uji ini dipilih karena data berskala kategorik dan terdapat sel dengan nilai harapan kurang dari lima. Tingkat kemaknaan ditetapkan pada $*p* < 0,05$ dengan bantuan perangkat lunak statistik.