

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Sapi perah *Friesian Holstein* (FH) merupakan salah satu ras unggulan dalam industri peternakan perah karena memiliki potensi produksi susu tinggi (Brito et al., 2023). Namun, produktivitasnya sangat bergantung pada manajemen pemeliharaan, khususnya pemeliharaan pedet sebagai *replacement stock*. Kualitas pedet sangat bergantung pada kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan, termasuk suhu dan kelembapan. Pedet sebagai individu muda dengan sistem fisiologis yang belum sepenuhnya matang memiliki tingkat toleransi termal yang lebih rendah dibandingkan sapi dewasa, sehingga lebih rentan terhadap perubahan iklim mikro (Gupta et al., 2022).

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi kenyamanan termal ternak adalah ketinggian tempat pemeliharaan. Ketinggian berperan dalam menentukan suhu ambient, kelembapan relatif, dan tekanan atmosfer. Wilayah dataran rendah umumnya memiliki suhu lebih tinggi dan kelembapan lebih rendah dibandingkan dataran tinggi. Hal ini berdampak pada meningkatnya risiko stres panas, terutama pada pedet FH yang membutuhkan kestabilan fisiologis dalam masa pertumbuhan awal (Salama et al., 2023).

Penelitian oleh Brito et al. (2023) menemukan bahwa pedet FH yang dipelihara pada suhu lingkungan tinggi menunjukkan peningkatan suhu tubuh dan frekuensi respirasi sebagai respons terhadap stres panas. Respon fisiologis yang muncul umumnya berupa peningkatan suhu rektal, suhu permukaan kulit, frekuensi respirasi, dan denyut jantung, yang mencerminkan upaya tubuh pedet untuk mempertahankan homeostasis.

Di Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan, terdapat perbedaan ketinggian geografis yang signifikan. Desa Baba di Kecamatan Cendana terletak pada ketinggian sekitar 100-500 mdpl, dikategorikan sebagai dataran rendah, sedangkan Desa Taulo, Kecamatan Alla berada pada ketinggian sekitar 500–1.000 mdpl, termasuk dalam kategori dataran tinggi (BPS Enrekang, 2023; Rahmah, 2017). Perbedaan ini menciptakan kondisi agroklimatologi yang kontras, yang berdampak langsung terhadap status fisiologis dan kenyamanan termal pedet.

Seiring meningkatnya suhu lingkungan pada dataran rendah, nilai THI turut meningkat, sehingga memperbesar tekanan termal yang dirasakan pedet. Penelitian oleh West et al. (2022) menunjukkan bahwa peningkatan THI berkorelasi positif dengan peningkatan denyut jantung dan suhu tubuh pada pedet, serta menurunkan performa imunitas dan pertumbuhan.

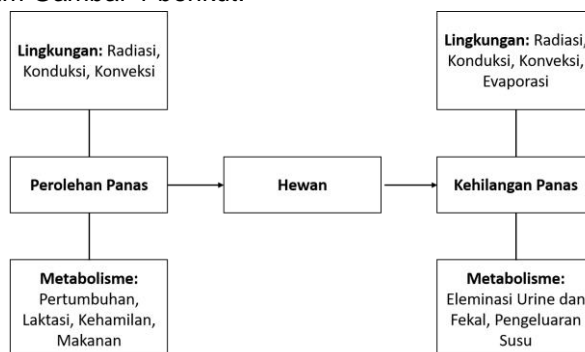
Berdasarkan permasalahan tersebut, penting dilakukan penelitian yang mengevaluasi respon fisiologis dan adaptasi panas pedet sapi perah *Friesian Holstein* yang dipelihara pada dua wilayah dengan agroklimatologi berbeda. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman ilmiah sebagai dasar pengambilan kebijakan dalam sistem pemeliharaan pedet FH yang adaptif terhadap perubahan lingkungan, khususnya di wilayah tropis dengan variabilitas ketinggian yang tinggi seperti di Kabupaten Enrekang.

1.2. Landasan teori

1.2.1 Keseimbangan Panas pada Ternak

Suhu merupakan faktor penting penentu kelangsungan hidup ternak. Suhu lingkungan ambient (lingkungan sekitar hewan) dapat menentukan laju metabolisme dan intake pakan pada hewan. Lebih lanjut, suhu jaringan hewan dapat mempengaruhi fungsi jaringan, proses biofisik, efisiensi fungsi protein serta viskositas cairan seluler di dalam tubuh ternak. Sebagai contoh, jika suhu tubuh ternak lebih rendah dari suhu tubuh normal, maka proses metabolik menjadi sangat lambat sehingga berdampak terhadap kondisi fisiologis ternak. Sebaliknya, jika suhu tubuh lebih tinggi dari suhu normal, maka potensi kerusakan jaringan tubuh akan meningkat (Sugiarto, 2021).

Ternak adalah organisme homeotermik yang mampu mempertahankan suhu tubuh menjadi relatif konstan, mengatur produksi panas mereka melalui metabolisme dan melepaskan kelebihan panas ke lingkungan sekitarnya. Suhu tubuh ternak bervariasi untuk setiap spesies, sebagai contoh ayam 41,0°C, domba 38,5°C, kambing 39,0°C, babi 38,0°C dan sapi 38,0°C (Gupta et al., 2022). Ketika suhu lingkungan berubah, hewan-hewan ternak menyesuaikan fisiologi dan perilaku mereka dalam upaya menjaga suhu tubuhnya supaya tetap konstan. Secara umum, mekanisme yang terlibat dalam perolehan dan pelepasan panas antara hewan dan lingkungan ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Mekanisme Perolehan dan Pelepasan Panas pada Ternak

Perubahan suhu sekitar dapat mempengaruhi viskositas cairan tubuh, laju reaksi biokimia, dan efektivitas enzim, yang secara langsung berdampak pada kesehatan dan produktivitas ternak muda. Brito et al. (2023) mencatat bahwa pada pedet FH, suhu lingkungan ekstrem menyebabkan peningkatan suhu tubuh dan penurunan performa metabolik.

1.2.2 Respon Fisiologis Ternak terhadap Lingkungan

Respon fisiologis merupakan indikator utama dalam menilai tingkat adaptasi dan kesejahteraan ternak terhadap kondisi lingkungan. Ternak, termasuk sapi perah *Friesian Holstein* (FH), memiliki mekanisme fisiologis yang memungkinkan mereka mempertahankan homeostasis tubuh saat menghadapi perubahan suhu, kelembapan, tekanan udara, dan kadar oksigen di lingkungannya. Namun, kemampuan adaptasi ini sangat bergantung pada umur, genetik, serta kondisi lingkungan tempat pemeliharaan (Gupta et al., 2022).

Beberapa parameter fisiologis yang umum digunakan untuk mengevaluasi respon sapi terhadap lingkungan antara lain suhu rektal, suhu kulit, suhu tubuh internal, frekuensi respirasi, dan denyut jantung. Masing-masing parameter tersebut mencerminkan bagaimana sistem tubuh sapi berusaha menjaga keseimbangan termal dalam menghadapi kondisi lingkungan yang tidak ideal (Mariana et al., 2019).

Pedet FH yang masih dalam fase pertumbuhan memiliki toleransi fisiologis yang lebih rendah dibandingkan sapi dewasa. Oleh karena itu, perbedaan lingkungan mikroklimat, seperti suhu dan kadar oksigen antara dataran tinggi dan rendah, dapat mempengaruhi stabilitas fisiologisnya secara signifikan. Dampaknya dapat berupa penurunan konsumsi pakan, gangguan metabolisme, serta peningkatan kerentanan terhadap penyakit (Agustin, 2019).

1.2.2.1 Suhu Rektal

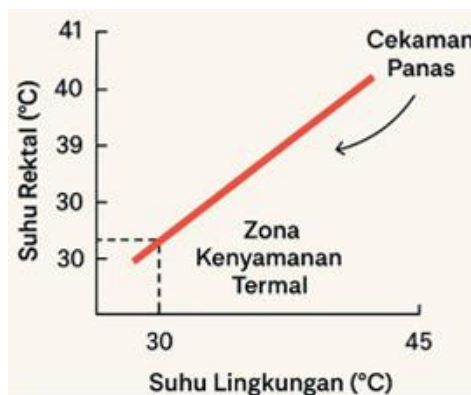
Suhu rektal merupakan indikator utama untuk menilai suhu inti tubuh sapi perah. Pengukuran suhu rektal dilakukan dengan memasukkan termometer ke dalam rektum sapi selama kurang lebih satu menit hingga diperoleh pembacaan yang stabil. Nilai suhu rektal yang normal pada sapi perah berkisar antara 38,1°C hingga 39,3°C. Penelitian oleh Foeh et al. (2020) menunjukkan bahwa suhu tubuh sapi Bali yang dipelihara di lingkungan dengan suhu tinggi mengalami peningkatan suhu rektal sebagai respon terhadap stres panas.

Tabel 1.1. Suhu Rektal Beberapa Hewan Ternak

| Spesies | Kisaran suhu rektal (°C) | Rata-rata suhu rektal (°C) |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Sapi potong | 36,7 – 39,1 | 38,6 |
| Sapi perah | 38,0 – 39,3 | 38,6 |
| Keledai | 36,4 – 38,4 | 37,4 |
| Domba | 38,5 – 39,7 | 39,1 |
| Kuda | 37,2 – 38,2 | 37,7 |
| Kambing | 38,5 – 39,9 | 39,1 |

Sumber: Sugiarto 2021.

Gambar 2 berikut ini menunjukkan hubungan antara suhu rektal ternak dan suhu lingkungan sekitar. Garis merah menggambarkan tren peningkatan suhu rektal seiring meningkatnya suhu lingkungan. Pada kisaran suhu lingkungan sekitar 25 - 30°C, sapi masih berada dalam zona kenyamanan termal dengan suhu rektal normal. Namun, ketika suhu lingkungan melebihi 30°C, terjadi peningkatan suhu rektal yang menandakan terjadinya cekaman panas (heat stres). Suhu rektal yang meningkat sering kali menjadi penanda awal stres termal dan berpotensi mengganggu keseimbangan fisiologis, terutama jika disertai dengan gejala lain seperti penurunan konsumsi pakan dan perubahan perilaku (Dikmen dan Hansen, 2021).



Gambar 2. Grafik Suhu Rektal vs Suhu Lingkungan pada Ternak (DikmendanHanse, 2021).

1.2.2.2 Suhu Permukaan Kulit

Suhu kulit mencerminkan efisiensi tubuh dalam melepaskan panas dari dalam ke permukaan tubuh. Pengukuran suhu kulit, khususnya pada titik-titik seperti punggung dan dada, memberikan indikasi kemampuan evaporatif tubuh. Mariana et al. (2016) melaporkan bahwa suhu kulit pedet meningkat signifikan saat terpapar sinar matahari langsung meskipun berada di dataran tinggi, terutama jika kelembapan relatif rendah.

Pengukuran suhu kulit biasanya dilakukan pada beberapa titik tubuh seperti punggung, dada, dan pangkal ekor menggunakan alat infrared surface thermometer. Nilai suhu kulit sapi perah yang normal umumnya berada pada rentang 30°C hingga 34°C (Mariana et al., 2016). Peningkatan suhu kulit menunjukkan peningkatan panas yang diserap tubuh dari lingkungan, atau akumulasi panas yang tidak terdisipasi secara optimal akibat terbatasnya evaporasi maupun konduksi.

Gupta et al. (2022) menambahkan bahwa faktor seperti warna rambut, densitas folikel, dan ketebalan kulit turut mempengaruhi suhu permukaan tubuh pada pedet, serta mempercepat akumulasi panas bila tidak dikompensasi dengan mekanisme pendinginan yang efektif.

1.2.2.3 Frekuensi Respirasi

Frekuensi respirasi atau laju pernapasan adalah jumlah siklus inspirasi dan ekspirasi yang dilakukan ternak dalam satu menit. Parameter ini merupakan salah satu indikator utama dari respon termoregulasi sapi terhadap stres panas, karena respirasi berperan penting dalam proses pelepasan panas tubuh melalui evaporasi di saluran pernapasan. Mariana et al. (2016) menyatakan bahwa peningkatan frekuensi respirasi yang terus-menerus dapat menyebabkan asidosis respiratorik, yang berujung pada gangguan fungsi paru dan kelelahan otot pernapasan.

Tabel 1.2. Kategori Frekuensi Respirasi dan Tingkat Stres Panas

| Frekuensi Respirasi (x/menit) | Kondisi Fisiologis |
|-------------------------------|----------------------------------|
| <30 | Normal |
| 30-45 | Ringan (Waspada) |
| 46-60 | Sedang (Tekanan Panas Meningkat) |
| >60 | Berat (Stres Panas Ekstrim) |

Sumber: Diadaptasi dari Dikmen dan Hansen (2021) dan Mariana et. al. (2016).

Penelitian oleh Dikmen dan Hansen (2021) menyebutkan bahwa peningkatan frekuensi respirasi hingga di atas 60 kali per menit menunjukkan sapi berada dalam kondisi termal yang sangat tidak nyaman, dan jika dibiarkan, dapat menyebabkan gangguan fungsi jantung, asidosis respiratorik, dan penurunan konsumsi pakan. Temuan tersebut diperkuat oleh Santoso et al. (2023) yang mencatat bahwa frekuensi respirasi merupakan parameter paling responsif terhadap peningkatan nilai Temperature Humidity Index (THI), menjadikannya sebagai alat skrining awal yang efisien dalam mendeteksi stres panas pada sapi perah tropis.

1.2.2.4 Denyut Jantung

Denyut jantung merupakan jumlah detak jantung per menit yang mencerminkan aktivitas sistem kardiovaskular dalam merespons kondisi fisiologis dan lingkungan ternak. Parameter ini digunakan secara luas dalam fisiologi peternakan sebagai indikator stres dan ketidakseimbangan termal. Pada sapi perah dewasa, denyut jantung normal berkisar antara 60 hingga 80 kali per menit, sedangkan pada pedet dapat sedikit lebih tinggi karena metabolisme basal yang lebih aktif (Sugiarto, 2021). Tabel 1.3. berikut memberikan informasi terkait kategori denyut jantung dan interpretasi klinis pada sapi perah FH.

Tabel 1.3. Kategori Denyut Jantung dan Interpretasi Klinis pada Sapi Perah FH

| Denyut Jantung (x/menit) | Kategori Fisiologis | Interpretasi Klinis |
|-----------------------------|---------------------|--|
| < 60 | Hipokardia | Kemungkinan akibat suhu terlalu rendah atau gangguan metabolisme. |
| 60 – 80 | Normal | Keseimbangan fisiologis terjaga. |
| 81 – 90 | Awal Stres Panas | Adaptasi tubuh mulai aktif, perlu monitoring lebih intensif. |
| 91 – 110 | Sedang – Tinggi | Indikasi stres panas sedang, jantung bekerja lebih keras untuk distribusi panas. |
| > 110 | Stres panas berat | Resiko kelelahan kardiovaskular, hipoksia jaringan, perlu tindakan manajemen segera. |

Sumber: Diadaptasi dari Mariana et al. (2016), Renaudeau et al. (2021), dan West et al. (2022).

Ketika suhu lingkungan meningkat, sapi akan mengaktifkan berbagai mekanisme fisiologis untuk melepaskan kelebihan panas tubuh, salah satunya melalui peningkatan aliran darah ke permukaan kulit. Hal ini menyebabkan jantung bekerja lebih keras, sehingga denyut jantung meningkat secara signifikan (Mariana et al., 2016). Selain itu, Renaudeau et al. (2021) menyebutkan bahwa denyut jantung yang terus meningkat tanpa diiringi oleh efisiensi pelepasan panas akan menyebabkan gangguan homeostasis kardiovaskular, meningkatkan risiko hipoksia jaringan, dan menurunkan performa reproduksi.

1.2.3 Stres Panas pada Ternak

Stres panas (heat stres) adalah kondisi fisiologis ketika ternak tidak mampu menyeimbangkan antara panas yang dihasilkan tubuh dan panas yang dilepaskan ke lingkungan, sehingga terjadi akumulasi panas internal (Sugiarto, 2021). Respon stres panas ditandai dengan peningkatan suhu tubuh, denyut jantung, dan frekuensi respirasi. Ternak juga menunjukkan perubahan perilaku seperti bernafas terengah-engah (panting), menurun nafsu makan, berkumpul di tempat teduh, dan peningkatan konsumsi air (Salama et al., 2023).

Tabel 1.4. Tanda atau Kondisi Ternak yang Mengalami Stres Panas

| Tanda yang dapat diamati | Tanda yang tidak dapat diamati |
|--|--|
| - Suhu tubuh naik | - pH rumen rendah |
| - Bergerombol di tempat teduh | - Motilitas usus dan rumen berkurang |
| - Berliur | - Aliran darah ke perifer meningkat |
| - Panting (terengah-engah) | - Keseimbangan cairan dan elektrolit terganggu |
| - Membuka mulut saat bernafas | - Aktivitas hormon reproduksi terganggu |
| - Kurang fokus dan gemetar | - Aktivitas reproduksi terganggu |
| - Mencari tempat teduh atau menghindari terik matahari | - Bikarbonat lebih banyak hilang |
| - Mendekat ke sumber air | - Aktivitas hormon stres meningkat |
| - Aktivitas makan dan ruminasi menurun | - Kematian embrio meningkat |
| - Kurang responsive | - Laju anabolisme menurun |
| - Banyak minum | - Angka kematian ternak meningkat |
| - Aktivas (Gerakan tubuh) menurun | |
| - Gelisah | |
| - Pertumbuhan melambat | |

Sumber: Sugiarto, 2021.

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pengaruh perbedaan ketinggian wilayah (dataran rendah dan dataran tinggi) terhadap parameter fisiologis pedet sapi perah *Friesian Holstein*, yaitu suhu rektal, suhu kulit, suhu tubuh, denyut jantung, dan frekuensi respirasi, melalui pengukuran langsung di lapangan.
2. Mengevaluasi tingkat stres panas yang dialami pedet FH berdasarkan respon fisiologis aktual yang diamati selama periode pengamatan di dua wilayah agroklimatologi yang berbeda.
3. Mengkaji kemampuan adaptasi fisiologis pedet FH terhadap perbedaan kondisi lingkungan termal melalui analisis statistik perbandingan antar lokasi, serta menginterpretasikan hasil pengukuran berdasarkan kategori fisiologis yang mengindikasikan adaptasi atau cekaman panas.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di dua wilayah yang memiliki perbedaan ketinggian atau Agroklimatologi yang berbeda yaitu:

- 1) Desa Baba, Kecamatan Cendana, Kabupaten Enrekang;
- 2) Desa Taulo, Kecamatan Alla, Kabupaten Enrekang.

Pemilihan lokasi berdasarkan perbedaan ketinggian wilayah untuk mengamati pengaruh lingkungan terhadap tingkat stres dan respon fisiologis sapi pedet *Friesian Holstein* (FH). Penelitian ini akan berlangsung selama 1 bulan, yaitu pada tanggal 30 Oktober 2025 hingga 30 November 2025.

2.2. Materi Penelitian

Materi penelitian terdiri dari:

- 1) Sapi pedet *Friesian Holstein* (FH) berusia 2–6 bulan sebanyak 20 ekor yang dipelihara di dua wilayah dengan perbedaan ketinggian.
- 2) Alat pengukuran, termasuk:
 - Termometer rektal untuk mengukur suhu tubuh pedet.
 - Termometer inframerah untuk mengukur suhu permukaan kulit.
 - Stetoskop untuk mengukur denyut jantung.
 - Stopwatch untuk menghitung frekuensi respirasi.

2.3. Metode Penelitian

2.3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) karena pedet *Friesian Holstein* (FH) yang digunakan berasal dari populasi homogen berdasarkan umur, jenis kelamin, dan ras, serta perlakuan yang diberikan hanya terdiri atas perbedaan ketinggian wilayah atau agroklimatologi. Terdapat dua perlakuan dalam penelitian ini, yaitu:

- P1= Pedet FH yang dipelihara di dataran rendah (100-500 mdpl);
- P2= Pedet FH yang dipelihara di dataran tinggi (500-1.000 mdpl).

Setiap perlakuan diulang sebanyak 10 kali ($n=10$) berarti bahwa dalam masing masing kelompok perlakuan (yakni pedet yang dipelihara di dataran rendah dan pedet yang dipelihara di dataran tinggi), terdapat 10 ekor pedet yang dijadikan unit percobaan. Sehingga, terdapat total 20 ekor pedet yang dilibatkan dalam penelitian ini (10 ekor \times 2 perlakuan = 20 satuan percobaan).

Setiap satuan percobaan merupakan individu pedet FH, artinya satu ekor pedet dianggap sebagai satu unit analisis yang berdiri sendiri, tanpa pengaruh langsung dari pedet lain.

2.3.2. Prosedur Penelitian

Pengumpulan data dilakukan sebanyak 5 kali selama periode penelitian yaitu 0, 7, 14, 21, dan 28 hari pada waktu pagi (07.00–08.00), siang (12.00–13.00), dan sore (16.00–17.00). Waktu pengambilan ini mempertimbangkan fluktuasi suhu harian untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai perubahan fisiologis pedet terhadap variasi suhu lingkungan (Brito et al., 2023).

- Denyut jantung diukur menggunakan stetoskop dengan menghitung jumlah detakan selama 60 detik penuh. Metode ini digunakan secara luas dalam fisiologi ternak karena akurat dalam menilai respon kardiovaskular terhadap stres panas (Renaudeau et al., 2021; West et al., 2022).
- Laju respirasi dihitung dengan mengamati secara visual naik-turunnya dinding perut atau gerakan thoraks selama satu menit. Teknik observasional ini umum digunakan dalam penelitian fisiologis pada pedet dan dianggap sensitif dalam mendeteksi cekaman panas (Dikmen dan Hansen, 2021; Salama et al., 2023).
- Pengukuran dilakukan dengan termometer rektal digital yang dimasukkan ke dalam rektum pedet selama ± 60 detik hingga pembacaan stabil tercapai. Teknik ini merupakan prosedur standar untuk menilai suhu inti tubuh dan akurat sebagai indikator stres panas (Foeh et al., 2020; Gupta et al., 2022).
- Dilakukan menggunakan infrared surface thermometer yang ditempatkan ± 5 –10 cm dari permukaan kulit, pada titik-titik standar seperti dahi, punggung, dan pangkal ekor. Metode ini sangat berguna untuk mengevaluasi efisiensi disipasi panas melalui kulit (Santoso et al., 2023; Brito et al., 2023).

2.3.3. Parameter Penelitian

Adapun parameter yang akan diukur pada penelitian ini adalah:

- Denyut jantung (beat/minute (bpm))
- Frekuensi respirasi (napas/menit)
- Suhu rektal
- Suhu permukaan kulit.

Semua parameter tersebut diukur secara berulang dalam interval waktu tertentu (pagi, siang, sore) selama periode pengamatan, dan hasilnya dicatat untuk masing-masing pedet secara terpisah, sehingga data yang dihasilkan adalah data individual dan bukan data kelompok.

2.4. Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan uji statistik:

- Analisis deskriptif;
- Uji t dua sampel independen (*independent sample t-test*), yang digunakan untuk membandingkan perbedaan rata-rata respon fisiologis antara pedet yang dipelihara di dataran rendah dan dataran tinggi;
- Uji normalitas Shapiro-Wilk dan Uji Korelasi.
- Analisis tren, yang digunakan untuk melihat pola perubahan respon fisiologis pedet selama periode pengamatan berdasarkan perbedaan agroklimatologi.