

Frekuensi Respirasi dan Suhu Rektal Sapi Peranakan Ongole Betina Dewasa di Kelompok Ternak Gemah Ripah, Kabupaten Pangandaran

Respiratory Rate and Rectal Temperature of Adult Female Ongole Crossbred Cattle in the Gemah Ripah Farmer Group, Pangandaran Regency

Asri Wulansari^{1*}, Adristi Cahya Dewi Komara², Kurnia Siregar³, Judika Panggabean⁴, Erick Abdurrahman Rady⁵, Rhefaldy Kusuma Hermanto⁶

¹Program Studi Peternakan K. Pangandaran, Fakultas Peternakan, PSDKU Pangandaran, Universitas Padjadjaran, Indonesia

²Alumni Program Studi Peternakan K. Pangandaran, Fakultas Peternakan, PSDKU Pangandaran, Universitas Padjadjaran, Indonesia

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil fisiologis sapi peranakan Ongole (PO) betina dewasa melalui pengukuran frekuensi respirasi dan suhu rektal pada waktu pengamatan berbeda, yaitu pagi, siang, dan sore hari, serta menganalisis keterkaitannya dengan kondisi lingkungan di Kelompok Ternak Gemah Ripah, Desa Cikembulan, Kabupaten Pangandaran. Sebanyak 10 ekor sapi PO betina dewasa dipilih secara purposive berdasarkan kriteria umur, kondisi kesehatan, dan keseragaman pemeliharaan. Pengukuran frekuensi respirasi dilakukan dengan menghitung hembusan nafas per menit, sedangkan suhu rektal diukur menggunakan termometer digital. Parameter lingkungan yang diamati meliputi suhu bola kering, suhu bola basah, dan kelembapan relatif. Hasil menunjukkan bahwa frekuensi respirasi tertinggi terjadi pada siang hari dengan nilai rata-rata $39,05 \pm 0,37$ kali per menit, meningkat dibandingkan pagi ($38,65 \pm 0,60$) dan sore hari ($38,78 \pm 0,46$). Suhu rektal juga mengalami peningkatan pada siang hari dengan rata-rata $37,5 \pm 3,11^{\circ}\text{C}$, yang lebih tinggi dari pagi dan sore hari. Peningkatan kedua parameter tersebut berhubungan dengan naiknya suhu lingkungan hingga mencapai 32°C pada siang hari serta fluktuasi kelembapan relatif. Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan nyata antar waktu pengamatan terhadap parameter fisiologis ($p < 0,05$). Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa sapi PO mengalami respons fisiologis adaptif terhadap perubahan suhu, dengan peningkatan respirasi dan suhu tubuh pada siang hari sebagai mekanisme termoregulasi. Pemantauan parameter fisiologis tersebut penting untuk mendeteksi stres panas dan mendukung manajemen pemeliharaan pada lingkungan tropis lembap.

Kata Kunci: Sapi Peranakan Ongole, Frekuensi Respirasi, Suhu Rektal, Fisiologi Ternak, Stress Panas

Abstract

This study aimed to determine the physiological profile of adult female Ongole Crossbred (PO) cattle by measuring respiratory rate and rectal temperature at different observation times (morning, afternoon, and evening) and to analyze their relationship with environmental conditions at the Gemah Ripah Farmer Group, Cikembulan Village, Pangandaran Regency. A total of 10 adult female PO cattle were purposively selected based on age, health status, and uniform management practices. Respiratory rate was measured by counting the number of breaths per minute, while rectal temperature was recorded using a digital thermometer. Environmental parameters observed included dry-bulb temperature, wet-bulb temperature, and relative humidity. The results showed that the highest respiratory rate occurred in the afternoon, with an average value of 39.05 ± 0.37 breaths/min, compared with 38.65 ± 0.60 breaths/min in the morning and 38.78 ± 0.46 breaths/min in the evening. Rectal temperature also increased during the afternoon, reaching an average of $37.5 \pm 3.11^{\circ}\text{C}$, which was higher than the morning and evening values. The increase in both physiological parameters was associated with a rise in ambient temperature to 32°C during the afternoon, along with fluctuations in relative humidity. Analysis of variance (ANOVA) revealed significant differences among observation times for the physiological parameters ($p < 0.05$). Overall, the findings indicate that adult female PO cattle exhibit adaptive physiological responses to changes in environmental temperature, characterized by increased respiratory rate and body temperature during the hottest part of the day as a thermoregulatory mechanism. Monitoring these physiological parameters is essential for detecting heat stress and supporting effective livestock management in humid tropical environments.

Keywords: Ongole Crossbred Cattle, Respiratory Rate, Rectal Temperature, Livestock Physiology, Heat Stress.

PENDAHULUAN

Sapi Peranakan Ongole (PO) merupakan salah satu sapi potong penting di Indonesia yang dikenal memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap lingkungan tropis panas dan lembap. Sebagai rumpun Bos

Indicus, sapi PO dikenal memiliki toleransi panas yang lebih baik dibandingkan dengan sapi ras Eropa, serta mampu mempertahankan performa fisiologis pada kondisi lingkungan ekstrem (Adinata *et al.*, 2023). Karakter adaptif ini menjadikan sapi PO betina dewasa

Artikel diterima pada 12 Februari 2026

Artikel direvisi pada 21 Juli 2026

Artikel disetujui untuk publikasi pada 3 Agustus 2026

Dipublikasikan oleh Program Studi Peternakan, PSDKU Pangandaran,
Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran

*Penulis Korespondensi: asri.wulansari@unpad.ac.id

ISSN 2774-5805

Doi: <https://doi.org/10.24198/jsdh.v7i2.69823>

berperan penting sebagai indukan dalam sistem pembibitan, sehingga kondisi kesehatan dan stabilitas fisiologinya perlu dipantau secara berkala.

Salah satu parameter yang penting dalam menilai status fisiologis ternak adalah frekuensi respirasi. Perubahan frekuensi respirasi berkaitan erat dengan kemampuan ternak dalam mengatur suhu tubuh dan merespons tekanan lingkungan, terutama suhu dan kelembapan udara. Ketika suhu lingkungan meningkat, sapi akan meningkatkan laju pernapasan sebagai mekanisme evaporasi untuk mengeluarkan panas tubuh (Belhadj Slimen *et al.*, 2021). Pada lingkungan dataran rendah seperti Kecamatan Sidamulih, suhu harian dapat mencapai 32°C, sehingga sapi berisiko mengalami peningkatan beban panas, terutama pada siang hari.

Kombinasi antara tingginya suhu udara dan kelembapan relatif (RH) dapat meningkatkan tekanan panas pada sapi. Pada kondisi lingkungan yang panas dan lembap, sapi mulai menunjukkan tanda-tanda stres panas ringan, seperti peningkatan frekuensi napas, kenaikan suhu tubuh, penurunan aktivitas, serta perubahan perilaku (Dado-Senn *et al.*, 2023). Kondisi ini umum terjadi pada peternakan yang berlokasi di pesisir selatan Jawa Barat, termasuk Desa Cikembulan.

Berdasarkan hal tersebut, pengukuran frekuensi respirasi dan suhu rektal menjadi penting untuk memahami respons adaptasi sapi PO terhadap dinamika iklim mikro harian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil frekuensi respirasi dan suhu rektal sapi PO betina dewasa pada tiga waktu pengamatan berbeda, lalu menganalisis pengaruh suhu lingkungan terhadap respon fisiologis ternak, dan mengevaluasi kemampuan adaptasi sapi PO terhadap kondisi termal di wilayah tropis pesisir.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan rancangan deskriptif kuantitatif dengan pendekatan inferensial untuk menggambarkan profil fisiologis serta menguji perbedaan antar waktu pengamatan pada sapi Peranakan Ongole (PO) betina dewasa di Kelompok Ternak Gemah Ripah, Desa Cikembulan, Kecamatan Sidamulih, Kabupaten Pangandaran. Sebanyak 10 ekor sapi PO betina dewasa berumur lebih dari empat tahun, sehat secara klinis, tidak bunting, dan dipelihara dalam kondisi kandang yang seragam dipilih secara purposive agar hasil penelitian mewakili kondisi populasi di peternakan tersebut. Pengambilan data dilakukan selama satu hari penuh dengan tiga periode pengamatan, yaitu pagi, siang, dan sore. Setiap periode terdiri atas tiga waktu pengukuran berurutan, sehingga pola perubahan fisiologis sapi terhadap dinamika suhu harian dapat diamati secara menyeluruh.

Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran parameter fisiologis dan lingkungan. Parameter fisiologis meliputi frekuensi respirasi yang dihitung berdasarkan jumlah embusan napas selama satu menit

menggunakan stopwatch, serta suhu rektal yang diukur dengan termometer digital hingga angka stabil tercapai. Parameter lingkungan terdiri atas suhu udara bola kering (DB), suhu udara bola basah (WB), dan kelembapan relatif (RH). Pengukuran suhu DB dan WB dilakukan menggunakan termometer bola kering dan bola basah yang ditempatkan pada tinggi tubuh sapi, kemudian nilai RH dihitung melalui tabel psikrometrik berdasarkan selisih kedua suhu tersebut. Seluruh hasil pengamatan dicatat secara sistematis untuk menjaga ketelitian dan konsistensi data pada setiap waktu pengukuran.

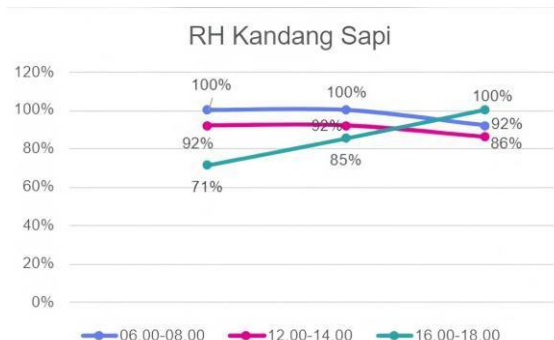
Analisis data dilakukan melalui dua pendekatan yang saling melengkapi. Analisis deskriptif digunakan untuk menyajikan nilai rata-rata dan standar deviasi dari setiap parameter pada tiga periode pengamatan, yaitu pagi, siang, dan sore, guna menilai pola perubahan fisiologis dan lingkungan selama satu hari. Frekuensi respirasi, suhu rektal, suhu lingkungan, dan RH dibandingkan antar periode untuk melihat kecenderungan perubahan respon ternak terhadap variasi suhu harian. Interpretasi akhir dilakukan dengan mengaitkan hasil temuan dengan literatur fisiologi ternak tropis sehingga diperoleh gambaran komprehensif mengenai hubungan antara kondisi lingkungan dan respon termoregulasi sapi PO betina dewasa di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

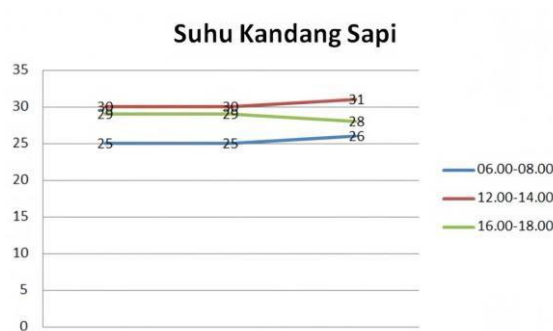
Desa Cikembulan, Kecamatan Sidamulih, Kabupaten Pangandaran, terletak pada ketinggian sekitar 0–25 meter di atas permukaan laut dan termasuk dalam zona iklim tropis basah di pesisir selatan Jawa Barat. Wilayah ini memiliki curah hujan tahunan yang tinggi, yang turut memengaruhi suhu dan kelembapan lingkungan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), suhu udara di Kecamatan Sidamulih berkisar antara 24°C hingga 32°C, dengan kelembapan relatif yang cukup tinggi, yaitu sekitar 80–90%. Kondisi tersebut menjadikan lingkungan cenderung hangat dan lembap sepanjang tahun.

Hasil pengukuran suhu lingkungan selama penelitian menunjukkan bahwa pada pagi hari (06.00–08.00 WIB), suhu berada pada kisaran yang nyaman bagi ternak, yaitu sekitar 25°C. Pada siang hari (12.00–14.00 WIB), suhu meningkat hingga mencapai 32°C, yang berpotensi menyebabkan ketidaknyamanan dan meningkatkan risiko stres panas pada sapi. Menjelang sore hari (16.00–18.00 WIB), suhu kembali menurun menjadi sekitar 28°C sehingga kondisi lingkungan menjadi lebih nyaman bagi ternak dan berpotensi mengurangi risiko stres panas.

Sebagai gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi suhu dan kelembapan di Desa Cikembulan, berikut disajikan grafik yang menunjukkan perubahan suhu lingkungan dan kelembapan relatif pada tiga waktu pengamatan, yaitu pagi (06.00–08.00 WIB), siang (12.00–14.00 WIB), dan sore (16.00–18.00 WIB).



Grafik 1. Kelembapan Udara (Relative Humidity/RH)



Grafik 2. Suhu Udara

Frekuensi Respirasi

Frekuensi respirasi menunjukkan pola perubahan yang mengikuti dinamika suhu lingkungan. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada siang hari, yaitu $39,05 \pm 0,37$ kali/menit, sedangkan nilai rata-rata terendah diperoleh pada pagi hari, yaitu $38,65 \pm 0,60$ kali/menit. Rataan frekuensi respirasi pada setiap waktu pengamatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Frekuensi Pernapasan Sapi PO dalam 3 pengukuran waktu

Waktu Pemeriksaan	Rataan $\pm$ Standar Deviasi (kali/menit)	Korelasi dengan suhu (r)	Korelasi dengan kelembapan (r)
Pagi	$38,65 \pm 0,60$	0,7958	-0,1471
Siang	$39,05 \pm 0,37$		
Sore	$38,78 \pm 0,46$		

Sumber: Data diolah, 2025; Pagi (06.00 – 08.00 WIB); Siang (12.00 – 14.00 WIB); Sore (16.00 – 18.00 WIB)

Perubahan frekuensi respirasi tersebut menggambarkan upaya sapi dalam menyesuaikan diri terhadap peningkatan suhu lingkungan. Peningkatan frekuensi respirasi pada siang hari menunjukkan mekanisme termoregulasi melalui *evaporative cooling*, yaitu respons fisiologis utama yang dilakukan sapi untuk meningkatkan pelepasan panas tubuh ketika suhu lingkungan meningkat (West, 2003; Bernabucci *et al.*, 2010).

Nilai rata-rata frekuensi respirasi dalam penelitian ini berada sedikit di atas kisaran fisiologis normal sapi dewasa (sekitar 15–35 kali/menit) sebagaimana dilaporkan oleh Divers dan Peek (2018). Temuan ini mengindikasikan bahwa sapi PO mengalami peningkatan aktivitas respirasi meskipun belum berada pada kondisi cekaman panas yang berat. Nilai koefisien korelasi antara suhu lingkungan dan frekuensi respirasi sebesar $r = 0,7958$ menunjukkan hubungan positif yang kuat. Peningkatan suhu lingkungan pada siang hari mendorong peningkatan frekuensi respirasi sehingga sapi dapat meningkatkan kehilangan panas melalui saluran pernapasan sebagai mekanisme adaptasi terhadap cekaman panas (Bernabucci *et al.*, 2010; Gaughan *et al.*, 2019).

Sebaliknya, nilai korelasi negatif antara kelembapan relatif (RH) dan frekuensi respirasi ($r = -0,1471$) menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel

tersebut relatif lemah pada kondisi penelitian ini. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh variasi kelembapan relatif yang tidak terlalu besar sehingga tidak memberikan tambahan beban panas yang signifikan bagi ternak. Pengaruh kelembapan relatif terhadap respons fisiologis sapi umumnya menjadi lebih nyata ketika dikombinasikan dengan suhu lingkungan yang tinggi dan diukur menggunakan indeks suhu-kelembapan (*Temperature Humidity Index*, THI), yang merupakan indikator penting dalam evaluasi cekaman panas pada ternak (Dikmen & Hansen, 2009; Herbut *et al.*, 2018).

Selain itu, kondisi kandang dengan ventilasi yang baik diduga membantu memperlancar sirkulasi udara sehingga mengurangi akumulasi panas dan kelembapan di sekitar tubuh ternak. Oleh karena itu, selama periode pengamatan, suhu lingkungan tampak menjadi faktor yang lebih dominan dalam memengaruhi frekuensi respirasi dibandingkan kelembapan relatif.

Suhu Rektal

Suhu rektal memperlihatkan pola fluktuasi yang serupa dengan frekuensi respirasi, di mana nilai tertinggi tampak pada siang hari. Suhu rektal meningkat drastis dari $26,16 \pm 5,32^\circ\text{C}$ pada pagi hari menjadi $37,50 \pm 3,11^\circ\text{C}$ pada siang hari, lalu kembali turun pada sore hari menjadi $27,13 \pm 1,65^\circ\text{C}$. Nilai tersebut tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Suhu Rektal Sapi PO

Waktu Pemeriksaan	Rataan $\pm$ Standar Deviasi (°C)	Korelasi dengan suhu lingkungan (r)	Korelasi dengan kelembapan lingkungan (r)
Pagi	26.15 $\pm$ 5.32	0,8087	-0,2727
Siang	37.50 $\pm$ 3.11		
Sore	27.13 $\pm$ 0.46		

Sumber: Data diolah, 2025; Pagi (06.00 – 08.00 WIB); Siang (12.00 – 14.00 WIB); Sore (16.00 – 18.00 WIB)

Perubahan besar antara pagi, siang, dan sore menunjukkan sensitivitas fisiologis sapi PO terhadap kenaikan suhu lingkungan. Kenaikan suhu rektal pada siang hari mencerminkan penyerapan panas dari lingkungan yang tidak seluruhnya dapat dikompensasikan melalui mekanisme pendinginan tubuh, terutama ketika suhu lingkungan melampaui zona nyaman termal ternak (Hafez, 1998). Korelasi antara suhu lingkungan dan suhu rektal sebesar $r = 0,8087$ menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat, menandakan bahwa peningkatan suhu lingkungan memberikan pengaruh langsung terhadap suhu tubuh internal. Nilai korelasi yang tinggi memperkuat pemahaman bahwa sapi tropis tetap menghadapi tantangan termal pada saat suhu lingkungan meningkat, meskipun tergolong adaptif terhadap iklim panas (Talib, 2002).

Nilai korelasi negatif antara RH dan suhu rektal ($r = -0,2727$) menunjukkan ketiadaan hubungan nyata, fenomena yang dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Variasi RH yang kecil menyebabkan efek evaporatif tetap berlangsung stabil walaupun kelembapan relatif berubah. Kondisi kandang yang memiliki ventilasi baik mengurangi akumulasi kelembapan, sehingga kondisi mikroklimat di sekitar tubuh sapi mungkin berbeda dari nilai RH yang terukur. Beberapa penelitian yang menunjukkan pengaruh RH terhadap suhu tubuh umumnya dilakukan pada kondisi cekaman panas yang lebih berat atau dengan fluktuasi kelembapan yang lebih ekstrem (Santoso *et al.*, 2006; Robertshaw, 2006). Penelitian ini dilakukan dalam satu hari sehingga perubahan RH tidak cukup signifikan untuk memberikan pengaruh fisiologis yang terukur. Ketiadaan hubungan antara RH dan parameter fisiologis tidak bertentangan dengan literatur yang ada, melainkan menggambarkan bahwa pada hari pengamatan, suhu lingkungan menjadi faktor termal utama yang memengaruhi status fisiologis sapi PO betina dewasa.

Respons fisiologis sapi Peranakan Ongole (PO) dalam penelitian ini menunjukkan keterkaitan yang kuat dengan dinamika suhu lingkungan harian, yang meningkat dari pagi menuju siang dan menurun kembali pada sore hari. Peningkatan suhu lingkungan pada periode tengah hari memicu tekanan panas yang lebih tinggi sehingga sapi mengaktifkan mekanisme termoregulasi, terutama melalui peningkatan frekuensi respirasi sebagai jalur evaporatif utama. Respons ini tercermin dari meningkatnya laju respirasi dan suhu rektal pada siang hari, konsisten dengan karakteristik fisiologis ruminansia

tropis yang menunjukkan peningkatan ventilasi saat beban panas meningkat (Hermawansyah *et al.*, 2024).

Kelembapan relatif (RH) yang diukur dalam penelitian ini tidak menunjukkan pengaruh yang substansial terhadap variabel fisiologis, meskipun secara teoritis RH dapat memengaruhi efisiensi evaporasi pada ternak. Kondisi ini menunjukkan bahwa dalam rentang RH yang terjadi selama pengamatan, sapi PO mampu mempertahankan efektivitas mekanisme termoregulasinya tanpa memunculkan perubahan fisiologis yang bermakna. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang berfokus pada adaptasi sapi *Bos indicus* di lingkungan tropis. Sebagai contoh, penelitian oleh West (2003) menyimpulkan bahwa ambang batas kritis RH untuk memicu stres termal yang signifikan pada sapi tropis cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan sapi *Bos taurus*. Dalam konteks penelitian ini, ketika RH mencapai puncaknya hingga 90% berdasarkan pengukuran *in situ*, sapi PO tetap menunjukkan respons fisiologis yang minimal. Temuan ini sejalan dengan pandangan West (2003) bahwa respons stres pada sapi *Bos indicus* umumnya baru terpicu pada kombinasi suhu dan RH yang jauh lebih ekstrem daripada kondisi yang tercatat dalam penelitian ini. Hasil tersebut diperkuat oleh studi Silanikove (2000) yang menggarisbawahi bahwa efisiensi pendinginan evaporatif *Bos indicus*, yang didukung oleh kepadatan kelenjar keringat dan luas permukaan kulit yang lebih besar, membuatnya kurang rentan terhadap variasi RH dalam kisaran normal. Sapi dengan proporsi genetik *Bos indicus* juga diketahui memiliki plastisitas suhu tubuh serta toleransi panas yang lebih baik, sehingga faktor RH cenderung tidak menimbulkan respons fisiologis yang signifikan (Gaughan *et al.*, 2020).

Kajian fisiologis ruminansia tropis juga menunjukkan bahwa suhu lingkungan merupakan determinan utama stres panas, sedangkan RH memberikan kontribusi sekunder yang menjadi lebih nyata hanya ketika beban panas melampaui kapasitas adaptif hewan (Bernabucci *et al.*, 2014; Das *et al.*, 2016). Konsistensi pola tersebut terlihat dalam penelitian ini, di mana penurunan suhu lingkungan pada sore hari memungkinkan sapi PO menurunkan suhu inti tubuhnya secara lebih efektif, sejalan dengan temuan Kamal *et al.* (2025) mengenai dinamika pemulihan fisiologis ruminansia tropis pada periode ketika suhu lingkungan mulai menurun.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa respons fisiologis sapi Peranakan Ongole (PO) betina dewasa berkaitan erat dengan dinamika suhu lingkungan harian di Desa Cikembulan. Frekuensi respirasi dan suhu rektal menunjukkan korelasi positif terhadap suhu lingkungan, yang mengindikasikan bahwa peningkatan suhu lingkungan diikuti oleh peningkatan kedua parameter fisiologis tersebut sebagai mekanisme termoregulasi untuk mempertahankan keseimbangan suhu tubuh. Sebaliknya, kelembapan relatif (RH) menunjukkan korelasi negatif yang lemah terhadap frekuensi respirasi dan suhu rektal, sehingga tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap respons fisiologis sapi PO pada kondisi pengamatan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu lingkungan merupakan faktor utama yang memengaruhi respons fisiologis sapi PO dibandingkan dengan kelembapan relatif. Kemampuan sapi PO menurunkan kembali frekuensi respirasi dan suhu rektal ketika suhu lingkungan menurun menunjukkan adaptasi termal yang baik terhadap kondisi lingkungan tropis. Oleh karena itu, penerapan manajemen kandang yang baik, seperti penyediaan ventilasi yang memadai dan naungan, tetap diperlukan untuk membantu menjaga kenyamanan ternak serta meminimalkan risiko terjadinya stres panas.

DAFTAR PUSTAKA

Adinata, Y., Noor, R. R., Priyanto, R., Cyrilla, L., & Sudrajad, P. (2023). Morphometric and physical characteristics of Indonesian beef cattle. *Archives of Animal Breeding*, 66(2), 153–161. <https://doi.org/10.5194/aab-66-153-2023>

Belhadj Slimen, I., Najar, T., Ghram, A., Abdrrabba, M., & Chedly, A. (2021). Non-invasive physiological indicators of heat stress in cattle. *Animals*, 11(2), Article 338. <https://doi.org/10.3390/ani11020338>

Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L. H., Rhoads, R. P., Ronchi, B., & Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, 4(7), 1167–1183.

Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L., Vitali, A., Lacetera, N., & Nardone, A. (2014). The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>

Dado-Senn, B., Ouellet, V., Dahl, G. E., & Laporta, J. (2023). The impact of heat stress on physiological and productive responses of dairy cattle: A review. *Animals*, 13(5), Article 832. <https://doi.org/10.3390/ani13050832>

Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Imtiwati, & Kumar, R. (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*, 9(3), 260–268. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>

Dikmen, S., & Hansen, P. J. (2009). Is the temperature–humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, 92, 109–116.

Divers, T. J., & Peek, S. F. (2018). *Rebhun's Diseases of Dairy Cattle* (3rd ed.).

Gaughan, J. B., et al. (2019). Challenges and opportunities for developing heat load indexes in livestock. *Journal of Animal Science*.

Gaughan, J. B., Sejian, V., Mader, T. L., & Dunshea, F. R. (2020). Adaptation strategies: Ruminants. In V. Sejian, R. Bhatta, J. B. Gaughan, F. R. Dunshea, & N. Lacetera (Eds.), *Climate change impact on livestock: Adaptation and mitigation* (pp. 131–150). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6566-5_8

Hafez, E. S. E. (1998). *Adaptation of domestic animals* (5th ed.). Lea & Febiger.

Herbut, P., Angrecka, S., & Walczak, J. (2018). Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—A review. *International Journal of Biometeorology*, 62, 2089–2097.

Hermawansyah, H., Syamsidar, S., Fattah, A. H., Khaeruddin, K., Nurfiana, R., & Budianto, R. (2024). Respon fisiologis berbagai bangsa sapi potong di Kecamatan Kajuara Kabupaten Bone. *Tarjih Tropical Livestock Journal*, 4(1), 23–31. <https://doi.org/10.47030/troljia.v4i1.778>

Kamal, R., Dutt, T., Patel, D. K., Singh, M., Jagan Mohanarao, G., & Yadav, B. (2025). Heat stress and physiological responses in tropical ruminants: Recovery dynamics under declining afternoon temperature. *Journal of Thermal Biology*, 104, 103–118.

Robertshaw, D. (2006). Heat loss of cattle. In M. K. Yousef (Ed.), *Stress physiology of livestock* (Vol. 2, pp. 55–65). CRC Press.

Santoso, S. A. B., Haryoko, B., Purboyo, & Purwanto, B. P. (2006). Penerimaan panas dan respons termoregulasi sapi dara PFH di kandang beratap seng dan rumbia. *Prosiding Seminar Nasional*, 309–319.

Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67(1–2), 1–18. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)

Talib, C. (2002). Sapi Bali di daerah sumber bibit dan peluang pengembangannya. *Wartazoa*, 12(3), 100–107.

West, J. W. (2003). Effects of heat stress on production in dairy cattle: Research opportunities. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131–2144.