

Kondisi Fisiologis Energi Thermal pada Kambing Sapera yang Diberi Pakan Penyangga Melalui Pengukuran *Thermal Infray T2-Pro*

(Physiological Condition of Thermal Energy in Sapera Goats Given Buffer Feed Through Thermal Infray T2-Pro Measurement)

Ichlasul Amal^{1*}, Andi Muh Fuad Al Kautsar Walinono¹, Mita Arifa Hakim¹, Muh Ridwan B¹, Muhammad Ardiansya Nurdin², Satria Ridho³, Aidil Ammas³, Ardiansyah³, Raihan Okto Ramadhan³, Ar Alwan Najib Athamimi³

¹Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Fakultas Vokasi, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea, Makassar, South Sulawesi 90245, Indonesia

²Program Studi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea, Makassar, South Sulawesi 90245, Indonesia,

³Mahasiswa Program Studi Teknologi Pakan Ternak, Fakultas Vokasi, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea, Makassar, South Sulawesi 90245, Indonesia

*Corresponding author: ichlasulamal@unhas.ac.id

Abstrak. Status fisiologi energi termal pada kambing Sapera yang diberi pakan penyangga dapat diidentifikasi dengan melihat berbagai aspek fisiologi dan metabolisme tubuh kambing. Pakan penyangga yang dimaksud biasanya berfungsi untuk menjaga kestabilan suhu tubuh dan menciptakan keseimbangan energi termal, yang sangat penting untuk kesehatan dan produktivitas kambing. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi fisiologis kambing Sapera yang diberi pakan penyangga menggunakan teknologi pengukuran thermal Infray. Pakan penyangga dirancang untuk meningkatkan efisiensi metabolisme dan membantu kambing menghadapi tekanan panas lingkungan. Studi dilakukan dengan menggunakan 4 ekor kambing sapera laktasi sebagai sampel dalam penelitian ini dengan berat badan 38-42 kg. Pengukuran suhu tubuh dilakukan menggunakan kamera thermal Infray setiap hari selama 30 hari dan hasil pengumpulan data diolah secara deskriptif. Hasil pengukuran termografi inframerah, khususnya perangkat Thermal InfiRay T2-Pro bahwa kondisi fisiologis suhu tubuh bagian vagina dan vulva memiliki suhu paling tinggi diantara bagian lainnya. Demikian intervensi pakan penyangga memperlihatkan suhu tubuh ternak tetap meningkat setelah waktu pemberian pakan. Hasil pengamatan pada suhu tubuh ternak sangat besar dipengaruhi oleh lingkungan dan kondisi kandang. Penelitian ini menyimpulkan bahwa dengan intervensi pakan penyangga belum efektif dalam mengurangi dampak negatif tekanan panas pada kambing Sapera melalui pengaturan energi termal yang lebih efisien.

Kata kunci: Energi Thermal, Kambing Sapera, Pakan Penyangga, Suhu

Abstract. The physiological status of thermal energy in Sapera goats fed buffer feed can be identified by observing various aspects of the physiology and metabolism of the goat's body. The buffer feed in question usually functions to maintain body temperature stability and create a balance of thermal energy, which is very important for goat health and productivity. This study aims to provide the physiological conditions of Sapera goats fed buffer feed using Infray thermal measurement technology. Buffer feed is designed to increase metabolic efficiency and help goats cope with environmental heat stress. The study was conducted using 4 lactating Sapera goats as samples in this study with a body weight of 38-42 kg. Body temperature measurements were carried out using an Infray thermal camera every day for 30 days and the results of data collection were processed descriptively. The results of infrared thermography measurements, especially the Thermal InfiRay T2-Pro device, showed that the physiological conditions of the body temperature of the vagina and vulva had the highest temperature among other parts. Thus,

the intervention of feeding showed that the body temperature of livestock continued to increase after the feeding time. The results of observations on livestock body temperature were greatly influenced by the environment and cage conditions. This study concluded that the intervention of feed buffer was not effective in reducing the negative impact of heat stress on Sapera goats through more efficient thermal energy regulation.

Keywords: Thermal Energy, Sapera Goats, Buffer Feed, Temperature

1. Pendahuluan

Dunia usaha pada bidang peternakan dalam hal ini pemeliharaan kambing perah, terutama jenis Sapera, menghadapi tantangan dalam menjaga kondisi fisiologis yang optimal, terutama di daerah dengan suhu tinggi. Stres panas menjadi salah satu faktor yang signifikan mempengaruhi produktivitas kambing perah, karena dapat menyebabkan perubahan fisiologis, hematologis, dan penurunan kualitas susu. Pemantauan kondisi fisiologis kambing melalui metode konvensional yang invasif seringkali tidak praktis dan dapat meningkatkan stres pada hewan.

Kambing Sapera, hasil persilangan kambing Saanen dan Peranakan Etawa (PE), telah berkembang menjadi salah satu jenis kambing perah yang populer di Indonesia, termasuk di Sulawesi Selatan. Kambing ini dikenal dengan produksi susu yang baik dan adaptabilitas yang cukup terhadap iklim tropis Indonesia. Meskipun kambing Sapera memiliki adaptabilitas yang baik terhadap iklim tropis, perubahan iklim yang semakin ekstrem dan cuaca panas yang berkepanjangan dapat menyebabkan stres pada ternak ini, mengurangi produksi susu, dan memengaruhi kesehatan serta produktivitas kambing secara keseluruhan. Stres akibat panas berlebih dapat mengganggu metabolisme kambing, memicu penurunan nafsu makan, dan meningkatkan kerentanannya terhadap penyakit, sehingga membutuhkan perhatian lebih dalam manajemen pemeliharaan untuk memastikan kesejahteraan ternak tetap terjaga.

Evaluasi kemampuan adaptasi ternak terhadap kondisi ini dapat ditentukan menggunakan metode invasif terutama melalui pengukuran parameter fisiologis ternak seperti suhu rektal, frekuensi pernapasan dan denyut jantung [1]. Teknologi termografi inframerah, khususnya perangkat Thermal InfiRay T2-Pro, memungkinkan pemantauan suhu tubuh secara non-invasif dengan hasil yang cepat dan akurat. Penggunaan teknologi ini diharapkan dapat mendeteksi perubahan fisiologis pada kambing, terutama ketika disertai dengan intervensi pakan penyangga yang bertujuan mengurangi stres panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektifitas intervensi pakan penyangga terhadap kondisi fisiologis dan hematologis kambing Sapera dengan bantuan pengukuran Thermal InfiRay T2-Pro. [2] Termografi inframerah (IRT) merupakan metode penginderaan jarak jauh non-invasif yang digunakan dalam mengukur perubahan perpindahan panas melalui deteksi perubahan suhu permukaan tubuh sehingga dapat dijadikan indikator umum suhu tubuh dan stres pada ternak.

Pakan penyangga menjadi penting dalam kondisi ini, karena dapat membantu memenuhi kebutuhan nutrisi yang tidak tercukupi dari hijauan alami yang ketersediaannya menurun. Pakan penyangga biasanya diformulasikan dengan bahan-bahan berkualitas tinggi yang dapat membantu ternak mempertahankan energi dan daya tahan tubuh saat produksi hijauan terbatas. Selain itu, beberapa bahan dalam pakan penyangga dapat diformulasi untuk memiliki efek pendinginan atau untuk membantu metabolisme tubuh dalam mengatasi suhu lingkungan yang lebih tinggi. Dengan demikian, pakan penyangga tidak hanya membantu memenuhi kebutuhan nutrisi dasar, tetapi juga berperan dalam mendukung adaptasi fisiologis kambing terhadap lingkungan panas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas intervensi pakan penyangga dalam menjaga kondisi fisiologis dan hematologis kambing Sapera selama musim kemarau. Evaluasi ini dilakukan menggunakan alat termografi inframerah Thermal InfiRay T2-Pro sebagai metode non-invasif untuk pemantauan suhu tubuh dan kondisi fisiologis secara keseluruhan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai dengan November 2024 di Kabupaten Maros, terletak pada Peternakan Kambing PT. Baniaga Maros Farm yang dijadikan sebagai sampel

dalam penelitian ini. Sejalan dengan penelitian [3] maka dalam penelitian ini juga menggunakan sebanyak empat ekor kambing perah Sapera dengan berat badan rata-rata 38-42 kg dipelihara dalam kandang individu berukuran 2,0 m x 1,0 m. Kandang berada di dalam bangunan beratap seng dengan tinggi dari lantai kandang berukuran 4,0 m ujung luar dan 4,5 m ujung dalam serta setiap dinding kandang terbuat dari kayu dengan lantai slat plastik dan wadah makanan dari kayu.

2.1 Kandungan Nutrisi Pakan Penyangga

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Pakan Penyangga

Sampel	Kandungan Nutrisi				
	Kadar Air (%)	Abu (% BK)	Protein Kasar (% BK)	Lemak Kasar (% BK)	Serat Kasar (% BK)
Pakan Wafer	11,89	12,08	14,03	6,44	33,50

2.2 Tahapan Penelitian

1. Persiapan Kambing Uji

- Empat ekor kambing perah dewasa jenis Sapera laktasi dengan bobot 40-48 kg akan digunakan dalam penelitian ini.
- Kambing ditempatkan dalam kandang individu untuk memastikan kontrol lingkungan dan pakan yang lebih baik.

2. Adaptasi

Kambing diberikan waktu adaptasi selama seminggu untuk memastikan mereka terbiasa dengan lingkungan baru dan tidak stres sebelum perlakuan dimulai.

3. Pemberian Pakan Penyangga

- Kelompok perlakuan akan mendapatkan tambahan pakan penyangga yang telah disesuaikan dengan dosis optimal untuk mendukung kondisi fisiologis pada suhu tinggi.
- Pakan diberikan dua kali sehari pada pukul 07:00 dan 15:00 dengan air minum tersedia ad libitum.

4. Pengambilan Data Termografi

Data suhu tubuh diambil menggunakan perangkat Thermal InfiRay T2-Pro pada beberapa titik tubuh, termasuk mata, hidung, kaki, sisi tubuh, dan vulva. Pengukuran dilakukan setiap dua jam dari pukul 06:00 hingga 18:00 WITA selama 30 hari.

Semua kambing diberi pakan wafer (pakan penyangga) sebanyak 1500 gram per hari. Jadwal pemberian pakan adalah dua kali sehari pada pukul 08:00 WITA dan 16:00 WITA. Air minum diberikan kepada ternak dua jam sebelum jadwal pemberian pakan dengan menggunakan ember air yang disediakan di setiap kandang.

Metode pengukuran yang digunakan adalah termografi inframerah dan pada beberapa waktu tertentu untuk mengevaluasi parameter fisiologis kambing Sapera.

2.3 Parameter yang Diukur

Parameter fisiologis suhu tubuh yang terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| a. Mulut dan hidung | g. Kaki depan (kiri) |
| b. Mata (kanan) | h. Kaki belakang (kanan) |
| c. Mata (kiri) | i. Kaki belakang (kiri) |
| d. Badan (kanan) | j. Vagina |
| e. Badan (kiri) | k. Vulva |
| f. Kaki depan (kanan) | |

2.4 Termografi inframerah (Thermal InfiRay T2 Pro)

Termografi inframerah (IRT) dilakukan dengan menggunakan kamera Thermal InfiRay T2 Pro. IRT digunakan untuk tujuan penginderaan termografi dan dilakukan dalam interval 2 jam mulai dari jam 06:00 WITA sampai jam 18:00 WITA. Thermal InfiRay T2 Pro diambil pada beberapa titik pengamatan masing-masing kambing meliputi mata, mulut, hidung, kaki, sisi kiri tubuh, sisi kanan tubuh, vagina, dan vulva pada jarak sekitar 1meter dari titik berdiri kambing. Kemudian data hasil

pengamatan ditabulasi dan dianalisis menggunakan perangkat lunak statistic Microsoft excel untuk memperoleh nilai tengah, nilai minimum dan nilai maksimum. Selanjutnya data yang diperoleh dijelaskan secara deskriptif.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi fisiologis energi thermal kambing perah Sapera

Berdasarkan hasil pengamatan termografi inframerah untuk mengukur kondisi fisiologi energi thermal pada ternak kambing Sapera laktasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik deskriptif hasil penginderaan Termografi inframerah pada kambing Sapera laktasi

Parameter	Mean \pm Standar Deviasi	Minimum Xi ($^{\circ}$ C)	Maksimum Xi ($^{\circ}$ C)
Mulut dan Hidung	37,00 \pm 1,32	34,20	38,30
Mata (kanan)	36,10 \pm 1,24	35,50	36,80
Mata (kiri)	35,60 \pm 1,82	35,40	36,90
Badan (kanan)	34,30 \pm 1,74	32,70	36,40
Badan (kiri)	34,60 \pm 2,24	32,20	37,00
Kaki depan (kanan)	34,50 \pm 2,32	31,80	36,50
Kaki depan(kiri)	34,90 \pm 1,20	31,30	36,00
Kaki belakang (kanan)	34,30 \pm 1,08	30,90	35,70
Kaki belakang (kiri)	34,70 \pm 1,12	31,10	37,30
Vagina	36,90 \pm 1,05	36,20	38,00
Vulva	37,80 \pm 1,19	36,40	38,90

Keterangan: Xi = *Xinfrared*

Tabel 2, menunjukkan hasil pengamatan Xi dengan (nilai mean) yang dihasilkan dari seluruh titik pengamatan pada tubuh ternak tertinggi ditunjukkan pada bagian vulva sebesar 37,80 $^{\circ}$ C diikuti pada bagian mulut dan hidung dengan nilai suhu panas sebesar 37,00 $^{\circ}$ C. Hal ini menandakan bahwa bagian vulva memiliki indikator sebagai titik pengukuran perubahan suhu tubuh sebagai ciri umum pada ternak kambing. [2] dan [5] melaporkan bahwa suhu vulva merupakan indikator yang digunakan untuk mengidentifikasi perubahan suhu tubuh sebagai ciri umum fisiologi dan kesehatan hewan.

Perbedaan suhu tubuh yang diukur disebabkan oleh perbedaan varietas kambing yang digunakan. [6] dan [7] melaporkan peningkatan suhu vulva selama periode estrus hingga mendekati ovulasi, dan kemudian suhu vulva menurun pada akhir periode estrus. Titik absolut suhu vulva dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti kelembaban relatif, kecepatan angin, dan radiasi matahari [5]. Penurunan suhu vulva pada akhir periode estrus dikaitkan dengan penurunan konsentrasi estrogen.

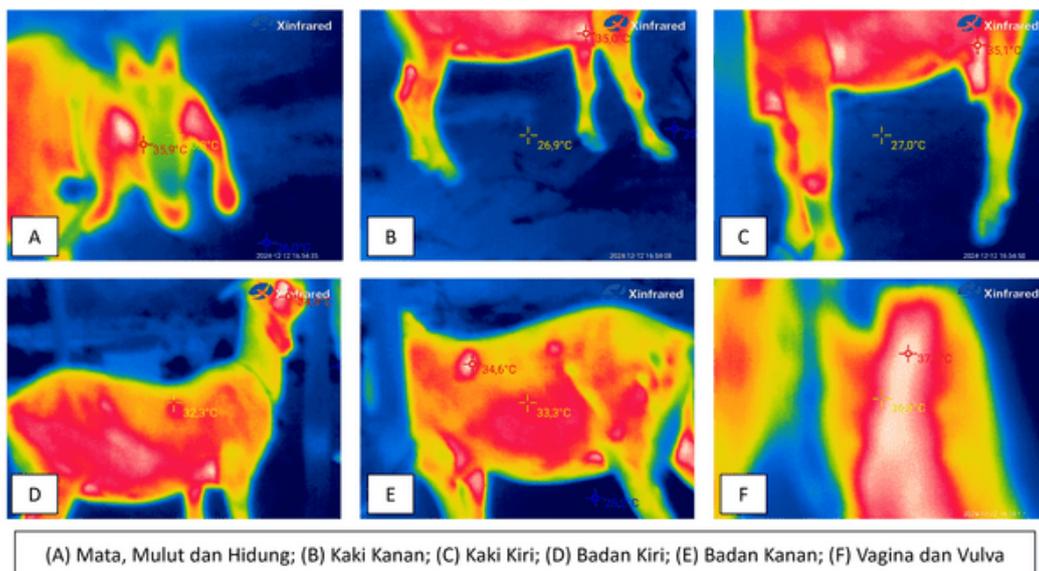
Berdasarkan data pengukuran suhu tubuh pada berbagai bagian tubuh ternak, dapat diinterpretasikan bahwa suhu tubuh ternak mengalami variasi yang signifikan antar titik pengamatan. Suhu tubuh tertinggi tercatat pada bagian vulva, yakni 38,90 $^{\circ}$ C, [8] yang kemungkinan besar mencerminkan aktivitas metabolik yang lebih tinggi pada bagian ini, mengingat organ reproduksi memiliki aliran darah yang lebih banyak dan mungkin lebih terpengaruh oleh perubahan suhu lingkungan serta proses fisiologis tubuh. Sementara itu, bagian kaki belakang kanan tercatat memiliki suhu terendah di antara titik pengamatan lainnya, yaitu 35,70 $^{\circ}$ C. Hal ini bisa dijelaskan dengan teori bahwa ekstremitas tubuh, seperti kaki, memiliki suplai darah yang lebih sedikit dan jaraknya lebih jauh dari pusat tubuh yang mengatur suhu tubuh, yakni pusat pengatur suhu di otak (hipotalamus). Suhu tubuh pada bagian kaki depan kiri (36,00 $^{\circ}$ C) dan kaki belakang kiri (37,30 $^{\circ}$ C) menunjukkan bahwa suhu di bagian ekstremitas tubuh relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan bagian tubuh lainnya, meskipun masih berada dalam kategori suhu maksimum. Suhu mulut dan hidung yang tercatat sebesar

38,30°C menunjukkan adanya mekanisme termoregulasi yang lebih aktif di area ini, yang berfungsi untuk mendinginkan tubuh melalui pernapasan.

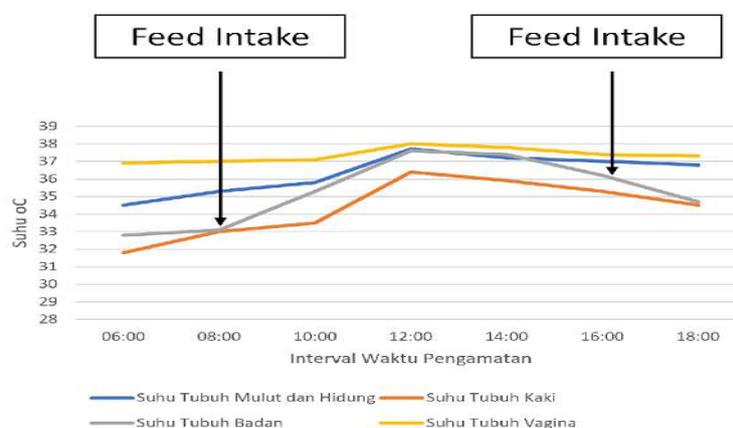
Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa tubuh ternak berusaha menyesuaikan suhu di berbagai bagian tubuhnya sesuai dengan kebutuhan fisiologis dan adaptasi terhadap kondisi lingkungan. Pengamatan suhu pada titik-titik tertentu ini memberikan gambaran yang penting mengenai distribusi suhu tubuh yang dapat membantu dalam mendiagnosis stres termal pada ternak [9]. Perbedaan suhu pada setiap bagian tubuh mencerminkan adanya peran berbeda dalam mekanisme termoregulasi dan pengaturan suhu tubuh, yang perlu dipertimbangkan dalam pengelolaan kesehatan ternak, terutama dalam kondisi cuaca ekstrem. Sebagai contoh, pemantauan suhu ekstremitas seperti kaki belakang yang lebih rendah dapat menjadi indikator awal bahwa bagian tubuh tersebut lebih rentan terhadap suhu ekstrem, sehingga perlu dilakukan intervensi untuk mencegah penurunan kesehatan ternak secara keseluruhan.

3.2. Penginderaan Termografi Inframerah

Berdasarkan hasil pengamatan termografi inframerah dengan menggunakan alat Xinfared Thermal T2-Pro untuk melihat sebaran panas pada seluruh tubuh ternak dapat dilihat pada (Gambar 1) dan perubahan suhu tubuh pada kondisi fisiologis ternak kambing perah Sapera (Gambar 2).



Gambar 1. Dokumentasi Xinfared Thermal



Gambar 2. Grafik perubahan suhu tubuh pada kondisi fisiologis ternak kambing perah Sapera

Gambar 2, menunjukkan perubahan suhu tubuh ternak sepanjang hari dengan interval pengamatan selama 2 jam, sehingga nilai suhu tertinggi berada pada pukul 12:00 WITA dan terendah terdapat pada pukul 06:00 WITA. Hal ini menandakan bahwa di pagi hari hingga siang hari kondisi lingkungan sangat mempengaruhi suhu tubuh ternak. Selain itu pada pukul 08:00 WITA merupakan waktu pemberian pakan sehingga proses metabolisme dari pakan yang dikonsumsi memberikan efek terhadap kondisi fisiologis tubuh ternak terutama pada suhu tubuh, maka demikian peningkatan suhu tubuh tertinggi ditunjukkan pada pukul 12:00 WITA.

Gambar 2, menunjukkan suatu grafik yang mengamati fluktuasi suhu tubuh hewan di berbagai interval waktu, dengan puncak yang signifikan di titik-titik tertentu. Suhu mulut dan hidung (garis biru) tetap relatif stabil sepanjang hari, dengan sedikit peningkatan di sore hari, yang menunjukkan bahwa sistem pernapasan mungkin terlibat dalam mengatur panas tubuh. Suhu tubuh (garis abu-abu) dan suhu vagina (garis oranye) keduanya menunjukkan tren naik, terutama di sore hari, yang kemungkinan merupakan respons terhadap stres panas eksternal, dan ini mungkin menunjukkan korelasi dengan perubahan metabolisme atau siklus hormonal. Suhu terendah tercatat di kaki (garis kuning), yang sejalan dengan pemahaman bahwa ekstremitas umumnya memiliki suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan bagian tubuh lainnya, karena lebih jauh dari inti tubuh dan memiliki aliran darah yang lebih sedikit.

Suhu tertinggi pada penelitian ini yaitu terdapat pada hasil pengamatan pada pukul 12:00 WITA yang ditunjukkan pada bagian vulva sebesar 38,90°C, temuan ini sesuai dengan temuan yang dilaporkan [10] dalam penelitiannya mengenai hubungan antara suhu rektal dan respons fisiologis dan seluler terhadap stres panas pada kambing Saanen di lingkungan tropis yang juga mengevaluasi respons fisiologis di mana mereka menemukan nilai tertinggi (38,29°C) pada vulva menggunakan IRT dibandingkan dengan bagian tubuh lainnya dan peningkatan suhu terendah (0,66°C) ditemukan pada waktu pengamatan dari pukul 06:00 pagi hingga 18:00 sore. Suhu yang lebih rendah pada badan dan kaki dibandingkan pada vagina dan vulva mungkin dipengaruhi oleh isolasi termal yang tinggi karena perbedaan ketebalan kulit dan kekompakan bulu [11]. Selain itu, [12] dan [13] menyatakan bahwa kulit dan bulu dapat mempengaruhi perpindahan panas tergantung pada warna, kekompakan, diameter, dan kedalamannya, serta pada transmisivitas dan penyerapan panas.

Ekstremitas tubuh sebagai faktor utama dalam mengatur penyimpanan atau kehilangan panas. Lebih lanjut [14], melaporkan bahwa kaki kambing memainkan peran penting dalam mekanisme yang berhubungan dengan kehilangan panas dimana tubuh ini memiliki bagian-bagian jaringan vena yang kaya akan cabang-cabang yang memungkinkan perpindahan panas diperantarai oleh peningkatan aliran darah. Perbedaan pada bagian tubuh yang diukur relevan dengan penyimpanan dan pelepasan panas [15]. Beberapa penelitian [16]; [2]; [17] melaporkan bahwa suhu terendah terjadi pada pagi hari dan mencapai puncaknya pada siang hari. Pengukuran suhu pada beberapa bagian tubuh penting untuk mengidentifikasi kapasitas adaptasi fisiologis ternak terhadap stres panas pada lingkungan [18].

Seperti yang terlihat pada (Gambar 2) panah yang menunjukkan pakan penyangga yang telah di formulasi memiliki asupan bertepatan dengan perubahan suhu, yang menunjukkan bahwa konsumsi pakan dapat memengaruhi proses metabolisme dan, akibatnya, pengaturan suhu tubuh. Pengamatan ini menyoroti pentingnya menyediakan pakan penyangga selama masa stres suhu. Pakan penyangga, seperti yang mengandung senyawa yang membantu menjaga keseimbangan pH dalam rumen, dapat meningkatkan kemampuan hewan untuk mengelola stres panas dengan mendukung pencernaan dan penyerapan nutrisi yang lebih stabil. Pakan ini dapat membantu mengurangi kenaikan suhu yang terlihat di tubuh dan area vagina dengan meningkatkan efisiensi metabolisme dan mendorong termoregulasi. Peningkatan suhu tubuh dan vagina setelah asupan pakan dapat menunjukkan bahwa pencernaan menghasilkan panas, yang dapat dikelola secara lebih efektif dengan komposisi pakan yang tepat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengukuran kondisi fisiologis energi thermal pada ternak kambing perah sapera menggunakan alat Thermal InfiRay T2 Pro dapat disimpulkan bahwa Pengukuran suhu tubuh ternak menunjukkan variasi suhu antar bagian tubuh,

dengan suhu tertinggi tercatat pada vulva 38,90°C dan terendah 30,90°C pada kaki belakang kanan. Data ini dapat membantu mendeteksi stres termal dan mengidentifikasi bagian tubuh yang lebih rentan terhadap suhu ekstrem, sehingga pemantauan dan intervensi yang tepat sangat diperlukan untuk menjaga kesehatan ternak, terutama dalam cuaca ekstrem.

Meskipun suhu tubuh ternak, terutama pada bagian vulva dan vagina, yang disebabkan oleh lingkungan serta kondisi kandang, hasil termografi inframerah menegaskan pentingnya pengaruh metabolisme pakan terhadap suhu tubuh. Suhu lingkungan yang tercatat sekitar 30-35°C dan suhu dalam kandang yang bisa mencapai 35-40°C berperan signifikan dalam mempengaruhi suhu tubuh ternak, di mana suhu tinggi dalam kandang yang tidak cukup ventilasinya dapat memperburuk stres panas. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi lebih lanjut terkait formulasi pakan dan strategi manajemen kandang, termasuk pengaturan ventilasi dan suhu dalam kandang, untuk meningkatkan adaptasi kambing terhadap tekanan panas di daerah tropis. Pengelolaan yang tepat dapat membantu menjaga keseimbangan suhu tubuh ternak dan meningkatkan produktivitasnya di lingkungan yang panas.

5. Daftar Pustaka

- [1] Hoffmann G, Schmidt M, and Ammon C. 2016. First investigations to refine video-based IR thermography as a non-invasive tool to monitor the body temperature of calves. *animal*. 10(9):1542-1546. DOI: 10.1017/S1751731115001354
- [2] McManus C, Tanure CB, Peripolli V, Seixas L, Fischer V, Gabbi AM, Menegassi SRO, Stumpf MT, Kolling GJ, and Dias E. 2016. Infrared thermography in animal production: An overview. *Comput Electron Agric* 123:10-16. DOI: 10.1016/j.compag.2016.01.027
- [3] Pamungkas FA, Purwanto BP, Manalu W, dan Sianturi RG. 2020. Use of Infrared Thermography for Identifying Physiological and Hematological Conditions of Young Sapera Dairy Goats. *JITV*. 25 (3): 120-130
- [4] Hoffmann G, Schmidt M, Ammon C, Rose-Meierhöfer S, Burfeind O, Heuwieser W, and Berg W. 2012. Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera. *Vet Res Commun*. 37:91-99
- [5] Talukder S, Kerrisk KL, Ingenhoff L, Thomson PC, Garcia SC, and Celi P. 2014. Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system. *Theriogenology* 81:925–935
- [6] Simoes VG, Lyazrhi F, Picard-Hagen N, Gayrard V, Martineau GP, and Waret-Szkuta A. 2014. Variations in the vulvar temperature of sows during proestrus and estrus as determined by infrared thermography and its relation to ovulation. *Theriogenology*. 82:1080–1085
- [7] Stelletta C, Tekin K, Tirpan B, Alemdar H, Cil B, Stelletta FO, Olgac KT, Inanc ME, and Daskin A. 2017. Vulvar thermal pattern following synchronization of estrus is linked to fertility after timed artificial insemination in goat. *Theriogenology* 103:137–142
- [8] Idris M, Uddin J, Sullivan M, McNeill DM, and Phillips CJ. 2021. Non-invasive physiological indicators of heat stress in cattle. *Animals*, 11(1), 71. <https://doi.org/10.3390/ani11010071>
- [8] Ogebe PO, Ogunmodede BK, and McDowell LR. 1996. Behavioral and physiological responses of Nigerian dwarf goats to seasonal changes of the humid tropics. *Small Rumin Res*. 22:213-217
- [9] Lecorps B, Rödel HG, and Féron C. 2016. Assessment of anxiety in open field and elevated plus-maze using infrared thermography. *Physiol Behav*. 157:209–216
- [10] Hooper HB, Silva PS, deOliveira SA, Merighe GKF, and Negrão JA. 2018. Acute heat stress induces changes in physiological and cellular responses in Saanen goats. *Int J Biometeorol*. 62:2257–2265
- [11] Arkin H, Kimmel E, Berman A, and Broday D. 1991. Heat transfer properties of dry and wet furs of dairy cows. *Trans. ASABE*. 34:2550–2558
- [12] Bianchini E, McManus C, Lucci CM, Fernandes MCB, Prescott E, Mariante AS, and Egito AA. 2006. Body traits associated with heat adaptation in naturalized Brazilian cattle breeds. *Pesq Gropec Bras*. 41:1443–1448

- [13] Radon J, Bieda W, Lendelova J, and Pogran Š. 2014. Computational model of heat exchange between dairy cows and bedding. *Computers Electron Agric.* 107:29-37
- [14] D'Alterio G, Casella S, Gatto M, Gianesella M, Piccione G, and Morgante M. 2011. Circadian rhythm of foot temperature assessed using infrared thermography in sheep. *Czech J Anim Sci.* 56:293–300
- [15] Kenny GP and Jay O. 2013. Thermometry, calorimetry, and mean body temperature during heat stress. *Compr Physiol.* 3:1689–1719
- [16] Paim TP, Martins RFS, Cardoso C, Dallago B, Louvandini H, and McManus C. 2014. Thermal comfort index and infrared temperatures for lambs subjected to different environmental conditions. *Sci Agric.* 71:345-355
- [17] Seixas L, de Melo CB, Tanure CB, Peripolli V, and McManus C. 2017. Heat tolerance in Brazilian hair sheep. *AJAS.* 30:593-601
- [18] Silanikove N and Koluman N. 2015. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Rumin Res.* 123:27-34