

## Pemetaan Pola Suhu Permukaan Tubuh Kuda menggunakan Kamera Termal Inframerah

### *Mapping Body Surface Temperature Pattern Of Horses Using Infrared Thermal Camera*

Koekoeh Santoso<sup>1</sup>, Rivangga Yuda Hendika<sup>1</sup>, Mokhammad Fakhru Ulum<sup>2</sup>, Amrozi<sup>2</sup>, Ridi Arif<sup>3</sup>,  
Agik Suprayogi<sup>1</sup> Kudang Boro Seminar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departemen Anatomi, Fisiologi, dan Farmakologi Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis, Kampus IPB Dramaga, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

<sup>2</sup>Departemen Klinik, Reproduksi, dan Patologi Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis, Kampus IPB Dramaga, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

<sup>3</sup>Departemen Ilmu Penyakit Hewan dan Kesmavet Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis, Kampus IPB Dramaga, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

<sup>4</sup>Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Dramaga, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

\*Email: koekoehsa@apps.ipb.ac.id

Diterima: 22 Juni 2021, direvisi : 1 Juli 2022, disetujui : 7 Februari 2023

#### Abstract

Accurate body temperature measurement is an important step in clinical examination of animals to support the diagnosis because there is a clear link between temperature and health problems. Infrared thermal camera is a surface temperature measuring device that works non-contact and non-invasively to identify various physiological and pathological processes that occur based on the surface temperature of the animal's body. This study aims to determine the normal surface temperature values of various regions of the horse's body using thermal imagery at a temperature-humidity index of  $77.48 \pm 1.99$  and to determine the best region for estimating rectal temperature. Three horses were randomly selected as animal experiments. Thermal image data was collected at 17.00 – 19.00 WIB for five days. Images were retrieved from seven regions: head, thorax, abdomen, and four lower legs. Surface temperature of horse A in five days on head, thorax, abdomen, front left leg, front right leg, rear left leg, and rear right leg regions were 33.42, 33.49, 33.56, 31.30, 31.48, 33.14, 31.34°C, respectively. Surface temperature of Horse B were 33.55, 33.65, 33.64, 31.45, 31.35, 31.53, 31.48°C, respectively. Surface temperature of Horse C were 33.45, 33.55, 33.60, 31.37, 31.45, 31.34, 31.42°C, respectively. The result showed that difference on horse A's rear left leg ( $p < 0.05$ ) because of inflammation. Inflammation recovery process on horse A occurred on the fifth day, indicated by a drop in temperature and a change in colors on thermal image. Color noises on some images were color difference between objects and

**Key words:** Horse; Inflammation; Infrared Thermal Camera; Regio; Surface Temperature

#### Abstrak

Pengukuran suhu tubuh yang akurat merupakan langkah penting dalam pemeriksaan klinis hewan untuk menunjang diagnosis karena ada kaitan yang jelas antara suhu dan gangguan kesehatan. Kamera termal inframerah merupakan alat pengukur suhu permukaan yang bekerja secara non-kontak dan non-invasif untuk mengidentifikasi berbagai proses fisiologis dan patologis yang terjadi berdasarkan pada suhu permukaan tubuh hewan. Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai suhu permukaan normal berbagai regio tubuh kuda menggunakan citra termal pada temperature-humidity index sebesar  $77,48 \pm 1.99$  dan mengetahui regio terbaik untuk memperkirakan suhu rektum.

Tiga kuda dipilih secara acak sebagai hewan percobaan. Pengambilan data citra termal dilakukan pada pukul 17.00 – 19.00 WIB selama lima hari. Gambar diambil dari tujuh regio: kepala, dada, perut, dan empat kaki bagian bawah. Hasil pengukuran suhu permukaan kuda A selama lima hari pada regio kepala, thorax, abdomen, tungkai kiri depan, tungkai kanan depan, tungkai kiri belakang, dan tungkai kanan belakang adalah 33.42, 33.49, 33.56, 31.30, 31.48, 33.14, 31.34°C, masing-masing. Hasil suhu permukaan kuda B berturut-turut adalah 33.55, 33.65, 33.64, 31.45, 31.35, 31.53, 31.48°C. Hasil temperatur permukaan kuda C berturut-turut adalah 33.45, 33.55, 33.60, 31.37, 31.45, 31.34, 31.42°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pada kaki kiri belakang kuda A ( $p < 0,05$ ) karena adanya peradangan. Proses pemulihan inflamasi pada kuda A terjadi pada hari kelima, ditandai dengan penurunan suhu dan perubahan warna pada citra termal. Noise warna pada beberapa gambar adalah perbedaan warna antara objek dan saturasi warna yang buruk. Noise warna pada citra termal tidak mempengaruhi hasil interpretasi suhu.

**Kata kunci:** kamera termal inframerah; kuda; peradangan; regio; suhu permukaan

## Pendahuluan

Pengukuran suhu yang akurat merupakan langkah penting dalam pemeriksaan klinis hewan untuk menunjang diagnosis karena ada kaitan yang jelas antara suhu dan gangguan kesehatan (Choi *et al.* 1997). Suhu tubuh merupakan tanda vital tubuh yang erat hubungannya dengan fungsi fisiologis hewan seperti reproduksi, aktivitas, dan respons stres atau patologis seperti infeksi dan cekaman panas (Giannetto 2020, Johnson *et al.* 2011, Sellier *et al.* 2014, Peng *et al.* 2019). Akurasi pengukuran suhu tubuh tergantung teknik pengukuran yang digunakan. Pengukuran suhu tubuh hewan dapat dilakukan dengan mengukur suhu inti dan suhu permukaan. Suhu inti merupakan panas yang diproduksi oleh aktivitas organ seperti otak, jantung, hati, ginjal, sistem pencernaan, dan organ viscera lainnya (Sellier *et al.* 2014). Pengukuran suhu rektal merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk mengukur suhu inti pada hewan. Namun, mendapatkan suhu rektal bisa menjadi prosedur yang menegangkan bagi pasien, terutama jika pengukuran serial diperlukan (Nutt *et al.* 2016; Hall *et al.* 2019). Pengukuran suhu inti, menggunakan metode suhu rektum, dapat mengganggu hewan sehingga hewan yang diperiksa mengalami cekaman akibat adanya interaksi antara manusia dan hewan (Hoffmann *et al.* 2013, Smith *et al.* 2015). Prosedur invasif ini dapat mengubah hasil pengukuran, terutama pada hewan yang reaktif dan stres, sehingga mengganggu interpretasi medis. Stres akut dan kronis pada hewan tersebut dikaitkan dengan peningkatan suhu inti tubuh (Schmid

2021). Metode lain yang dikembangkan untuk mengukur suhu inti adalah dengan menggunakan bolus untuk mengukur suhu ternak ruminansia pada daerah ruminansia, namun alat ini tidak dapat mengukur secara akurat karena ada pengaruh dari fermentasi rumen dan juga ingesti pakan serta minum sehingga hasilnya kurang akurat (Timsit *et al.* 2011).

Penggunaan termografi inframerah (IRT) memungkinkan perekaman suhu tubuh hewan berupa radiasi inframerah yang dipancarkan menggunakan termografi inframerah secara non invasif. Termografi merupakan metode untuk mengukur suhu permukaan suatu benda menggunakan kamera termal inframerah dan hasil dari termografi disebut dengan termogram (Head *et al.* 2001). Termogram merupakan hasil pengukuran berbentuk pola citra distribusi suhu permukaan tubuh hewan (Speakman dan Ward, 1998; Stewart *et al.*, 2005; Luzi *et al.*, 2013). Keunggulan kamera termal inframerah untuk mengukur suhu permukaan yaitu tidak diperlukan adanya kontak antara alat dengan tubuh hewan karena alat ini merupakan teknologi non-kontak sehingga dapat meminimalisir cekaman pada hewan. Alat ini juga lebih aman bila dibandingkan dengan alat real time lain seperti sinar-X yang memberikan efek radiasi pada tubuh. Selain itu, perbandingan suhu pada setiap area tubuh lebih mudah dilakukan karena termogram berupa gambaran dua dimensi sehingga mudah untuk melihat daerah yang terdapat kelainan dengan adanya perbedaan warna pada termogram (Stewart *et al.* 2005; Švejdová *et al.* 2013; Usamentiaga *et al.* 2014).

Perkembangan terbaru dalam teknologi kamera termal saat ini memungkinkan diperolehnya data kuantitatif yang lebih baik karena kamera termal saat ini memiliki resolusi spasial yang dan perangkat lunak analisis gambar yang lebih baik sehingga akurasi pengukuran suhu menjadi lebih presisi. Termografi modern memungkinkan kuantifikasi akurat suhu regio permukaan kulit yang ditentukan pengguna.

Suhu yang diukur dari permukaan kulit berhubungan dengan mikrosirkulasi dermal lokal, sifat termal kulit dan rambut, dan gradien termal antara permukaan kulit dan lingkungan (Purohit dan McCoy, 1980; Palmer, 1983; Turner, 1991). Oleh karena itu suhu permukaan merupakan hasil gabungan dari panas yang dihasilkan oleh tubuh dan dampak faktor lingkungan seperti suhu udara, kelembaban (Soroko et al., 2014), dan kecepatan angin (Wojtas *et al.* 2013). Suhu permukaan tubuh biasanya lebih rendah daripada suhu inti dengan selisih sekitar 0,5 °C (Chen 2019). Walaupun pengukuran suhu permukaan tubuh lebih mudah dan noninvasif tetapi lebih mudah dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan.

Penggunaan kamera termal inframerah dalam kedokteran hewan dapat dilakukan untuk mengukur suhu permukaan pada hewan ternak, satwa liar, dan hewan lainnya yang tidak mungkin dilakukannya pengukuran suhu rektum (Lavers *et al.* 2005). Selain itu kegunaan kamera termal inframerah diantaranya adalah sebagai *screening test* untuk melihat adanya infeksi oleh mikroorganisme yang menginduksi pireksia dan peradangan lokal seperti bovine viral diarrhea virus, penyakit mulut dan kuku, bluetongue, rabies, tuberkulosis, dan mastitis. Selain itu, kamera termal inframerah juga dapat digunakan untuk melihat adanya perfusi jaringan, efisiensi pakan, kebuntingan, deteksi estrus, kesejahteraan hewan, dan kualitas daging (Berry *et al.* 2003; Rekant *et al.* 2016). Bansi (2018) menyatakan bahwa penggunaan dan penelitian tentang kamera termal inframerah dalam bidang kedokteran hewan di Indonesia masih sangat jarang dilakukan. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk memetakan suhu permukaan pada Kuda dalam kondisi suhu dan lingkungan yang termonetral, yaitu pada sore hari, sehingga keberadaan penyakit

dengan gejala perubahan suhu tubuh dapat di deteksi secara dini menggunakan kamera termal inframerah.

## Materi dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 9-13 Agustus 2019 bertempat di Unit Rehabilitasi dan Reproduksi Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor (URR FKH IPB). Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah kamera termal FLIR One Pro LT, aplikasi Thermal Camera+ for FLIR One, Smartphone Redmi Note 4X dengan spesifikasi RAM 3GB dan dapur pacu snapdragon 435, dan Smartphone ROG dengan spesifikasi RAM 12GB dan dapur pacu snapdragon 855+. Kamera termal FLIR One Pro LT memiliki sensitifitas termal 70mK dan resolusi termal 160 x 120 pixels. Hewan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah 3 Kuda yang diambil secara acak di Unit Rehabilitasi Reproduksi SKHB IPB.

Pengambilan citra termal menggunakan kamera termal FLIR One Pro LT dan dilakukan pada rentang waktu dan suhu lingkungan yang sama dengan jarak 3-4 meter dari permukaan tubuh Kuda. Waktu pengambilan citra termal adalah pada waktu petang pukul 17.00-19.00 WIB. Pengambilan gambar dilakukan pada tujuh regio berbeda yaitu regio kepala, thorax, abdomen, dan keempat ekstremitas bawah Kuda. Pengambilan citra termal dilakukan selama 5 hari, dimana setiap harinya dilakukan sebanyak 4 kali pengulangan. Kamera termal FLIR One Pro LT dihubungkan dengan Smartphone Redmi Note 4X melalui konektor Micro-USB. Smartphone secara otomatis membuka aplikasi Thermal Camera+ for FLIR One yang sudah terinstal.

Kursor bidikan dapat diatur dalam layar smartphone untuk menampilkan daerah yang diambil. Mode foto dipilih dengan cara menggeser bagian atas bottom bar. Penyimpanan gambar dilakukan dengan mengetuk tombol putih pada bagian bawah layar yang selanjutnya secara otomatis tersimpan dalam galeri. Gambar citra termal memuat nilai rentang suhu dan nilai suhu pada kursor bidikan kamera. Foto terbaru dapat dilihat dengan mengetuk thumbnail pada bagian kiri bawah. Foto hasil infrared thermal camera FLIR One Pro LT di galeri dapat dilihat

kembali tanpa terhubung dengan kamera termal FLIR One Pro LT. Kualitas foto ditingkatkan sebelum dilakukan cropping menggunakan ROG phone menjadi 6000pixels dengan format jpeg.

Data hasil pengukuran suhu yang diambil menggunakan kamera termal dianalisa menggunakan uji statistik dengan metode one-way Analyze of Variant (ANOVA) untuk membandingkan suhu permukaan tiap regio antar Kuda. Hasil yang diperoleh apabila terdapat perbedaan nyata antar kelompok, maka dilanjutkan dengan uji Tukey-HSD dengan program Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

### Hasil dan Pembahasan

Sebagai hewan homoioterm, kuda memiliki suhu tubuh lebih stabil karena memiliki reseptor suhu pada syaraf pusat untuk beradaptasi dengan lingkungan (Reece et al. 2015). Sifat homoioterm memungkinkan kuda untuk beradaptasi dan beraktifitas pada suhu lingkungan yang beragam. Hewan homoioterm biasanya memiliki suhu yang relatif lebih tinggi daripada suhu lingkungannya (Angrecka dan Herbut 2017). Perubahan suhu lingkungan mengharuskan kuda untuk menyesuaikan suhu tubuh dengan proses termoregulasi guna menjaga homeostasis (Gaina dan FoeH 2018). Homeostasis terjadi karena adanya keseimbangan antara kehilangan panas/*heat loss* dengan produksi panas/*heat gain* (Campbell et al. 2008). Untuk melihat pola distribusi dan fluktuasi suhu permukaan tubuh pada kuda, sifat non-kontak kamera termal sangat berguna dalam melakukan pengukuran suhu (Godyń 2013). Menurut Green *et al.* (2005), suhu inti tubuh kuda dalam keadaan norm a 1 berada pada rentang 37.5-38.7°C.

Citra suhu permukaan pada semua kuda selama 5 hari pengulangan berhasil dilakukan. Data suhu tujuh regio pada tiga kuda selama 5 hari berjumlah 420 citra yang diperoleh dari 20 citra untuk setiap regio pada satu kuda. Nilai suhu permukaan pada regio kepala, thorax, abdomen, serta keempat ekstremitas dari ke tiga kuda yang telah diukur menggunakan kamera termal dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil pengukuran suhu permukaan kuda pada regio kepala, thorax, abdomen, serta keempat ekstremitas bawah pada Kuda adalah 31-33°C, Faktor fisiologis yang mempengaruhi perbedaan suhu inti dengan suhu permukaan ada pada transportasi energi panas tubuh hewan, baik antar jaringan maupun dengan lingkungan melalui pernafasan dan kulit (Sherwood 2014). Energi panas yang dihasilkan tubuh didistribusikan ke seluruh tubuh melalui sirkulasi darah, dimana semakin ke permukaan suhu akan semakin turun (Ganong 1991). Faktor alam yang turut berdampak pada suhu permukaan hewan adalah suhu udara, kelembaban lingkungan, pergerakan angin, serta intensitas sinar matahari (Davis *et al.* 2003).

Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan *Temperature Humidity Index* (THI) untuk mengetahui tingkat cekaman panas. THI diperkenalkan (Thom 1959, Mader et al. 2006, Bullita et al. 2015) untuk mengevaluasi dampak gabungan dari suhu dan kelembaban. Itu bisa dinyatakan sebagai:

$THI = 0,8Tab + RH (Tab - 14,4) + 46,4$ , dimana THI = *Temperature Humidity Index* (THI) Tab = Suhu Lingkungan (°C), dan RH = Kelembaban (%). Menurut Mader et al. (2006) derajat cekaman panas dapat diperhitungkan

Tabel 1 Hasil pengukuran suhu pada regio kepala, thorax, abdomen, kaki depan kiri, kaki depan kanan, kaki belakang kiri, dan kaki belakang kanan.

REGIO	KUDA			SIG
	KUDA A	KUDA B	KUDA C	
1. Kepala	33.42±0.32	33.55±0.24	33.45±0.19	0.11
2. Thorax	33.49±0.19	33.65±0.19	33.55±0.25	0.07
3. Abdomen	33.56±0.25	33.64±0.25	33.60±0.18	0.55
4. Kaki depan kiri	31.30±0.25	31.45±0.23	31.37±0.25	0.16
5. Kaki depan kanan	31.48±0.22	31.35±0.24	31.45±0.24	0.19
6. Kaki belakang kiri	33.14±1.01	31.53±0.24	31.34±0.21	0.00
7. Kaki belakang kanan	31.34±0.25	31.48±0.19	31.42±0.17	0.12

Keterangan : Sig = nilai signifikansi dari hasil uji one way anova atas Kuda A,B, dan C. Nilai signifikan p>0.05 data tidak berbeda nyata antar kelompok Kuda. Nilai signifikan p<0.05 data berbeda nyata antar kelompok Kuda.

Tabel 2. Pengukuran mikroklimat dalam kandang kuda di URR SKHB IPB selama 5 hari

Waktu	Suhu	Kelembaban	THI
Pagi (07.00 WIB)	25,44 ± 1.11	86,60 ± 2.07	76.30 ± 1.72
Siang (12.00 WIB)	31,76 ± 1.05	79,40 ± 2.30	85,58 ± 1.47
Malam (19.00 WIB)	26,40 ± 1.20	83,00 ± 3.00	77,48 ± 1.99

berdasarkan nilai THI yaitu derajat cekaman panas normal jika nilai  $THI \leq 74$ , 75 – 78 untuk cekaman panas ringan, 79 – 83 untuk cekaman panas sedang,  $\geq 84$  untuk cekaman panas berat. Dengan demikian nilai THI digunakan untuk menetapkan pedoman ambang batas aman dari stres panas untuk transportasi hewan yang aman. Pengukuran suhu dan kelembaban dalam kandang kuda dilakukan selama 5 hari menggunakan termohigrometer diperoleh hasil seperti pada Tabel 2.

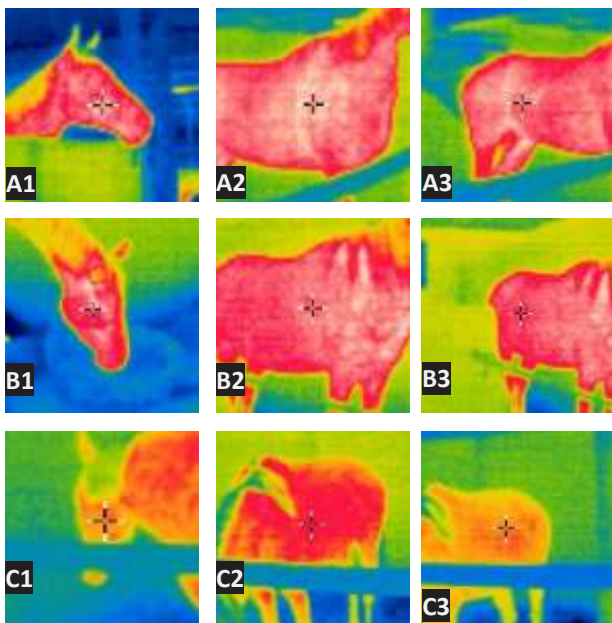
Hasil pengambilan citra termal pada ketiga kuda memiliki pola yang sama, yaitu suhu permukaan tubuh pada bagian kepala, thorax, dan abdomen cenderung lebih tinggi dari ke empat ekstremitas (Tabel 1). Berdasarkan hasil pengukuran suhu permukaan regio kepala, thorax, serta abdomen pada kuda normal didapati suhu  $\pm 33^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada keempat ekstremitas Kuda normal adalah  $\pm 31^{\circ}\text{C}$  (Tabel 1). Hood *et al.* (2001) menyebutkan bahwa suhu permukaan pada regio kaki bawah pada kuda yang diukur dari beberapa sudut pengambilan memiliki suhu sekitar  $30^{\circ}\text{C}$  dan berbeda secara nyata dengan suhu permukaan tubuh atas berikut suhu inti. Perbedaan suhu permukaan antara kepala, thorax, serta abdomen dengan keempat ekstremitas dipengaruhi oleh perbedaan metabolisme lokal, variabilitas aliran darah, konduksi jaringan, dan redistribusi energi pada tubuh (Taylor *et al.* 2014). Menurut Gagge *et al.* (1986), suhu yang menentukan kondisi inti termal terjadi pada daerah kepala, rongga dada, dan rongga perut, sedangkan suhu daerah permukaan lebih banyak ditentukan oleh jaringan subkutan dan otot. Suhu permukaan/kulit berfungsi sebagai *buffer* antara suhu inti dengan lingkungan sekitar (Sokabe dan Tominaga 2009). Selaras dengan Guyton dan Hall (2014), bagian tubuh yang tidak terdapat organ-organ vital seperti ekstremitas memiliki suhu permukaan yang lebih rendah, dimana hasil penelitian ini menunjukkan hal serupa.

Suhu permukaan kaki belakang bagian kiri kuda A lebih tinggi dibandingkan dengan Kuda lain ( $p < 0,05$ ) yang disebabkan oleh inflamasi (Tabel 1). Inflamasi memiliki gejala klinis yang biasa disebut panca radang, diantaranya adalah merah, sakit, bengkak, *functio laesa*, dan panas (Price dan Wilson 2005). Menurut Wilmana dan Gan (2007), panas yang diakibatkan inflamasi terjadi pada permukaan tubuh sehingga mudah untuk diamati dan dirasakan. Hasil citra termal kaki kuda A yang mengalami inflamasi memiliki warna yang lebih merah dan ukuran yang lebih besar dari regio ekstremitas kuda lain seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5. Warna merah pada kaki inflamasi kuda terjadi karena pada palet rainbow memiliki arti bahwa semakin merah warna semakin tinggi pula suhu yang didapat (Sundin 2015). Hasil citra dan suhu pada kaki belakang bagian kiri kuda A mengalami penurunan ukuran dan warna dari hari ke hari, hal tersebut terjadi karena kuda dalam fase persembuhan (Ollu *et al.* 2008).

Berdasarkan Tabel 1 suhu permukaan regio kepala, thorax, abdomen, kaki depan kiri, kaki depan kanan, dan kaki belakang kanan berturut-turut memiliki nilai signifikansi 0.11, 0.07, 0.55, 0.16, 0.19, dan 0.12 ( $p > 0.05$ ). Nilai signifikansi ( $p > 0.05$ ) memiliki arti suhu permukaan antara kuda A, B, dan C pada regio tersebut tidak mempunyai perbedaan nyata. Nilai signifikansi regio kaki belakang kiri adalah 0.00 ( $p < 0.05$ ). Rataan suhu permukaan kaki belakang kiri Kuda A adalah  $33.14^{\circ}\text{C}$ , dimana nilainya lebih tinggi dari rata-rata suhu permukaan kaki belakang kiri Kuda yang lain.

Suhu pada regio bagian atas cenderung memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu pada keempat ekstremitas bawah pada Kuda. Suhu tubuh bagian kepala, thorax, dan abdomen ketiga Kuda memiliki rata-rata suhu sebesar  $\pm 33^{\circ}\text{C}$ . Suhu tubuh regio keempat ekstremitas pada kuda B dan C adalah  $\pm 31^{\circ}\text{C}$ , sedangkan kuda A adalah  $\pm 33^{\circ}\text{C}$ .

Pengambilan citra termal dilakukan pada tiga kuda dengan tiga kandang berbeda yang dipilih secara acak. Pengambilan citra menghasilkan gambar yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut terletak pada warna citra termal. Variasi warna pada frame gambar menunjukkan rentang suhu dari suhu tinggi ke suhu rendah. Pemetaan variasi warna yang tertangkap ke dalam frame dapat dilihat pada rentang warna (palet). Hasil citra termal pada regio kepala, thorax, dan abdomen terletak pada Gambar 1, regio keempat ekstremitas terletak pada Gambar 2.



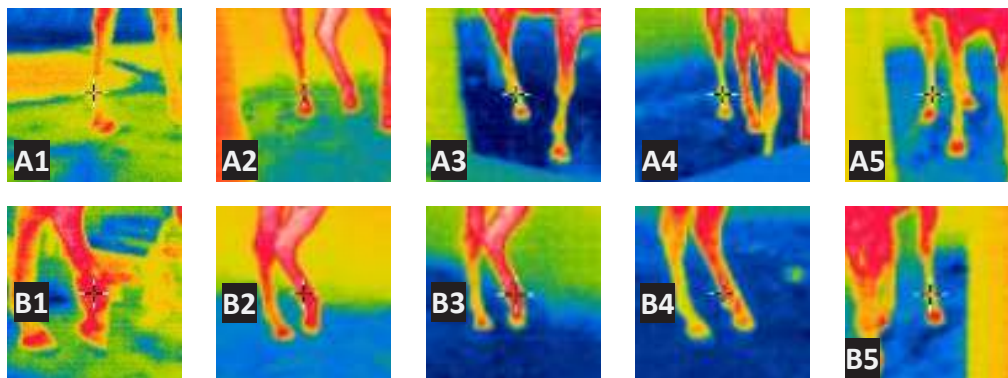
Gambar 1. Hasil citra termal pada regio kepala, thorax, abdomen. A, B, C : Kuda A, B, C. 1: kepala, 2: thorax, 3: abdomen.

Hasil citra termal regio kepala, thorax, abdomen kuda A dan B memiliki saturasi warna yang cukup baik dan memiliki perbedaan yang jelas antara objek dengan latar belakang seperti yang disajikan pada Gambar 4. Hasil citra termal

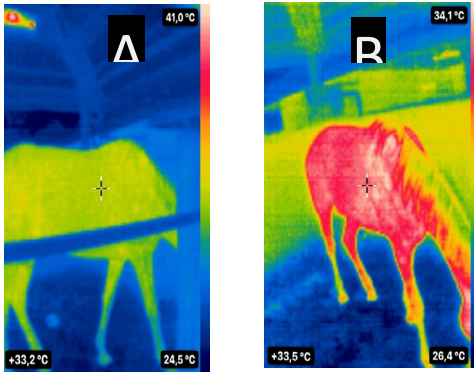
regio kepala, thorax, abdomen kuda C memiliki noise berupa warna obyek regio yang berwarna kekuningan dan berbeda dengan hasil citra pada kuda A dan B. Hasil citra termal A2, A3, B2, B3, C1, C2, dan C3 memiliki *noise* obyek horizontal yang merupakan besi pembatas pada kandang. Hasil citra termal pada bagian dorsal kepala hingga punggung terdapat surai dan berwarna kuning-kehijauan yang menunjukkan bahwa suhu pada surai lebih rendah. Pada daerah leher hingga punggung kuda terdapat obyek dengan suhu yang lebih rendah dari tubuh, obyek tersebut merupakan surai. Surai yang menghalangi kulit dari kuda menyebabkan suhu permukaan pada daerah tersebut tidak bisa teramati.

Gambar 2A dan 2B menyajikan citra pada regio ekstremitas kaki belakang kuda A. Hasil citra termal ekstremitas hampir semua memiliki perbedaan warna yang jelas antar obyek dengan latar belakang. Hasil citra pada cursor bidik Gambar A memiliki ukuran lebih kecil dan warna yang lebih muda dari gambar B. Hasil citra pada cursor bidik gambar B memiliki ukuran yang lebih besar dan warna yang lebih merah dari gambar A. Hasil citra B mengalami penurunan ukuran dan warna hingga hari ke 5. Citra termal pada hari ke 5 menunjukkan kaki kuda sudah memiliki warna yang relatif sama. Kuda mulai menapakkan kaki pada hari ke 4 dan ke 5 dengan cukup

Gambar 3 merupakan contoh perbandingan warna citra termal dengan noise dan tanpa noise. Hasil citra A tampak obyek tubuh Kuda berwarna hijau, sedangkan hasil citra B tampak obyek tubuh Kuda berwarna merah. Hasil citra A terdapat bohlam lampu yang berwarna merah seperti yang ditunjukkan tanda panah.



Gambar 2. Perbandingan hasil citra termal pada kuda A yang mengalami inflamasi dan tidak mengalami inflamasi. A: kaki belakang kanan kuda A normal, B: kaki belakang kiri kuda A inflamasi. 1, 2, 3, 4, dan 5 : hari 1, 2, 3, 4, dan 5.



Gambar 3. Perbandingan hasil citra dengan noise dan tanpa noise pada obyek. A: citra termal dengan lampu yang masuk ke dalam frame, B: citra termal tanpa lampu yang masuk dalam frame.

Noise citra termal berupa warna obyek yang seolah memiliki suhu lebih rendah dari latar belakang terjadi pada regio bagian atas, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1, sedangkan pada regio ekstremitas bawah tidak ditemukan noise yang cukup mengganggu seperti yang disajikan pada Gambar 2. Pewarnaan citra yang kurang baik diakibatkan karena pada kiri atas Gambar 3A terdapat lampu bohlam yang menyala dan memiliki suhu lebih tinggi sehingga obyek yang hendak diamati didefinisikan memiliki warna yang lebih “dingin” yaitu berwarna hijau, sedangkan hasil citra B tampak obyek berwarna merah. Bohlam lampu pada hasil citra A memiliki suhu lebih tinggi dari suhu permukaan Kuda, sehingga obyek regio yang diamati diterjemahkan alat seolah lebih dingin. Faktor yang mempengaruhi perbedaan hasil warna pada citra termal adalah keterbatasan palet. Kamera termal FLIR One Pro LT menggunakan ruang warna YCbCr (Sundin 2015). Ruang warna YCbCr memiliki kekurangan pada kecilnya rentang warna palet yang dapat ditampilkan dalam layar *display* (Basilio *et al.* 2011). Penguncian tiap piksel pada satuan suhu dalam frame layar menyebabkan palet pada kamera termal tidak bisa mencakup semua obyek yang tertangkap dalam frame (Sundin 2015). Namun inkonsistensi warna hasil citra pada Gambar 6 tidak memengaruhi hasil interpretasi suhu oleh alat.

### Kesimpulan

Kamera termal inframerah Flir One Pro LT dapat diaplikasikan untuk mengukur suhu permukaan tubuh pada hewan dari jarak jauh,

non-invasif, serta aman bagi pemeriksa. Hasil suhu dari ke tiga kuda memiliki suhu yang relatif sama, kecuali pada kuda A yang mengalami inflamasi. Terdapat perbedaan rata-rata suhu antara regio tubuh bagian atas yang meliputi kepala, thorax, dan abdomen dengan regio tubuh bagian bawah. Noise dipengaruhi oleh obyek yang memiliki suhu melebihi suhu regio yang diamati. Jarak pengambilan citra, sudut pengambilan citra, dan inkonsistensi warna citra termal tidak mempengaruhi hasil interpretasi suhu.

Penelitian ini merupakan baseline mengenai penggunaan kamera thermal sebagai alat untuk mengamati pola suhu permukaan pada kuda. Diharapkan dalam penelitian lanjutan mampu digunakan sebagai alat bantu dalam meneguhkan diagnosa secara efektif dan efisien. Penggunaan kamera termal diharapkan dapat digunakan dalam melakukan screen kesehatan hewan dalam jumlah besar dengan waktu yang singkat dan memberikan hasil yang akurat.

### Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih atas kepercayaannya mendapat Program Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun 2021 untuk pengembangan akuisisi data kesehatan hewan dalam rangka implementasi teknologi 4.0 untuk meningkatkan kesehatan hewan.

### Daftar Pustaka

- Angrecka, S., and P. Herbut. (2017). Eligibility of lying boxes at different THI levels in a freestall barn. *Annals of Animal Science*. 17(1):257-269.
- Asadian, S., Khatony, A., Moradi, G., and Abdi, A. (2016). Accuracy and precision of four common peripheral temperature measurement methods in intensive care patients. *Medical Devices: Evidence and Research* 2016(9):301–308.
- Bansi H. (2018). Utilization of infrared thermography in cattle production and its application potency in Indonesia. *Wartazoa*. 28(3):99-106.
- Basilio J.A.M., Torres G.A., Pérez G.S., Medina L.K.T., and Meana H.M.P. (2011). Explicit image detection using YCbCr

- space color model as skin detection. Di dalam: Alexander Z, Nikos M, editor. Proceedings of the 2011 American conference on applied mathematics and the 5th WSEAS international conference on Computer engineering and applications; 2011 Januari 29-31; Puerto Morelos. Puerto Morelos(MX): WSEAS Press. hlm 123-128.
- Berry, R. J., Kennedy, A. D., Scott, S. L., Kyle, B. L. and Schaefer, A. L. (2003). Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian Journal of Animal Science*. 83: 687–693
- Berry D.P., and W.J. Meaney. (2006). Interdependence and distribution of subclinical mastitis and intramammary infection among udder quarters in dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine*. 75(1-2):81-91.
- Bharara, M. 2007. Liquid crystal thermography in neuropathic Assesment of Diabetic Foot [thesis]. Bournemouth (UK): Bournemouth University.
- Bulitta, F.S., Aradom, S., and Gebrensenbet G. 2015. Effect of transport time of up to 12 hours on welfare of cows and bulls. *Journal of Service Science and Management*. 8(2): 161-182.
- Campbell NA, Reece JB, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Jackson RB. 2008. *Biologi Ed Ke-8*. Jakarta (ID): Erlangga.
- Chen, W. 2019. Thermometry and interpretation of body temperature. *Biomedical Engineering Letter*. Feb 9;9(1):3-17.
- Chester, J.G., and J.L. Rudolph. 2011. Vital signs in older patients: age-related changes. *Journal of the American Medical Directors Association*. 12(5):337-343.
- Colak, A., Polat B., Okumus, Z., Kaya M., Yanmaz, L.E., and Hayirli A. 2008. Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 91(11):4244-4248.
- Corwin, E.J. 2009. *Buku Saku Patofisiologi Corwin*. Jakarta (ID): EGC.
- Choi, J.K., Miki, K., Sagawa, S., and Shiraki, K. 1997. Evaluation of mean skin temperature formulas by infrared thermography. *International Journal of Biometeorology*. 41:68–75.
- Davidovits, P. 2008. *Physics in Biology and Medicine 3rd ed*. Burlington (US): Elsevier Inc.
- Davis, M.S., Mader, T.L., Holt, S.M., and Parkhurst A.M. 2003. Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: Effects on tympanic temperature. *Journal of Animal Science*. 81(3):649-661.
- Devrim, I., Kara A., Ceyhan M., Tezer, H., Uludag, A.K., Cengiz, A.B., Yigitkanl, I., and Secmeer G. 2007. Measurement accuracy of fever by tympanic and axillary thermometry. *Pediatric Emergency Care*. 23(1):16-19.
- Dorland, W.A.N. 2002. *Kamus Kedokteran Dorland*. Setiawan A, Banni AP, Widjaja AC, Adji AS, penerjemah. Jakarta (ID): EGC.
- Egesie, U.G, Chima, K.E, and Galam, N.Z. 2011. Anti-inflammatory and analgesic Effects of aqueous extract of aloe vera (*Aloe barbadensis*) in rats. *African Journal of Biomedical Research*. 14(3): 209-212.
- Feynman, R., Leighton. R., and Sands, M. 2011. *The Feynman Lectures on Physics Mainly Mechanics, Radiation, and Heat*. Volume 1. Boston (US): Addison Wesley.
- Fikar, S., and Ruhyadi, D. 2010. *Beternak dan Bisnis Sapi Potong*. Jakarta (ID): AgroMedia.
- Gabriel, J.F. 1988. *Pengaturan Suhu Tubuh Fisika Kedokteran*. Jakarta (ID): EGC.
- Gaina CD, Foeh ND. *Studi Performa Umum Tubuh dan Status Fisiologis Kuda Sumba*. *Jurnal Kajian Veteriner*. 6(2):38-44.2018.
- Ganong, W.F. 1991. *Review of Medical Physiology 15th edition*. California(US): Appleton & Lange.
- Godyń D. 2013. Application of infrared thermographic camera for assessing



- thermoregulation status in farm animals. *Wiadomości Zootechniczne*. 51(4):
- Green, A.R., Gates, R.S., and Lawrence, L.M. 2005. Measurement of horse core body temperature. *Journal of Thermal Biology*. 30(5):370-377.
- Guyton, A.C., and J.E. Hall. 2014. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Edisi 12*. Jakarta (ID): EGC.
- Giannetto, C., Arfuso, F., Giudice, E., Giancesella, M., Fazio, F., Panzera, M., and Piccione, G. 2020. Infrared methodologies for the assessment of skin temperature daily rhythm in two domestic mammalian species. *J. Therm. Biol.* 92, 102677.
- Hall, E.J., Fleming, A., and Carter, A.J. 2019. Investigating the use of non-contact infrared thermometers in cats and dogs. *Veterinary Nurse*. 10:109–115.
- Head, M.J, Dyson, S., Champney, W.S., Pelt, J., and Tober CL. 2001. Talking the temperature of equine thermography. *Veterinary Journal*. 162(3):166-167.
- Hoffmann G, Schmidt M, Ammon C, Rose-Meierhöfer S, Burfeind O, Heuwieser W, and Berg W. 2013. Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera. *Veterinary Research Communication*. 37(2):91-99.
- Hood, D.M., Wagner, I.P., and Brumbaugh, G.W. 2001. Evaluation of hoof wall surface temperature as an index of digital vascular perfusion during the prodromal and acute phases of carbohydrate-induced laminitis in horses. *American Journal of Veterinary Research*. 62(7):1167-1172.
- Hurnik, J.F., Webster, A.B., and De Boer, S. 1985. An investigation of skin temperature differentials in relation to estrus in dairy cattle using a thermal infrared scanning technique. *Journal of Animal Science*. 61(5):1095-1102.
- Johnson S.R., Rao, S., Hussey, S.B., Morley, P.S., and Traub-Dargatz. 2011. Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies. *Journal of Equine Veterinary Science*. 31(2):63-66.
- Kanitakis, J. (2002). Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *European Journal of Dermatology*. 12(4):390-401.
- Kolibu, H.S., and V.A. South. (2019). Kajian eksperimen pengaruh lingkungan panas terhadap suhu kulit manusia menggunakan Fast Response Temperature Probe PS-2135 dan Temperature Array PS-2157. *Jurnal MIPA*. 8(2):67-70.
- Kunc, P., Knižková, I., Prikryl M., and Maloun, J. (2007). Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. *Agricultura Tropica et Subtropica*. 40(1):29-32.
- Lavers, C., Franks, K., Floyd M. and Plowman, A. (2005). Application of remote thermal imaging and night vision technology to improve endangered wildlife resource management with minimal animal distress and hazard to humans. *Journal of Physics*. 15(1):207
- Mader, T.L., Davis, M.S. and Brown-Brandl, T. (2006) Environmental Factors Influencing Heat Stress in Feedlot Cattle. *Journal of Animal Science*, 84, 712-719.
- Maia, A.S.C., DaSilva, R.G. and Loureiro, C.M.B. (2005). Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometerology*. 50(1):17-22.
- Mehra, J., and H. Rechenberg. (2004). *The Historical Development of Quantum Theory*. New York (US): Springer-Verlag.
- Nave, R. (2016). Audio Amplifier [Internet]. Georgia (US): HypherPhysic; [diunduh pada 2020 April 15]. Tersedia pada: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/index.html>.
- Nutt K.R, Levy J.K, Tucker S.J. (2015). A comparison of non-contact infrared thermometry and rectal thermometry in cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*.
- Ollu, S.R., Pandarangga P. and Ndaong NA. (2019). Persembuhan luka incisi kulit

- mencit (*Mus musculus*) dengan pemberian ekstrak etanol teripang getah (*Holothuria leucospilota*). *Jurnal Veteriner Nusantara*. 2(1):60-69.
- Palmer, S.E. (1983). Effect of ambient temperature upon the surface temperature of equine limb. *American Journal of Veterinary Research*. 44(6):1098–1101.
- Paris S, Kornprobst P, Tumblin J. and Durand F. (2009). Bilateral filtering: Theory and applications. *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision*. 4(1):1-73.
- Peng, D., Chen, S., Li, G., Chen, J., Wang, J. and Gu, X. (2019). Infrared thermography measured body surface temperature in dairy cows under different temperature-indexes. *International Journal of Biometeorology*. 63(3):327-336.
- Planck, M. (2018). *Eight Lectures on Theoretical Physics*. Wills AP, translator. Columbia (US): Dover Publications.
- Plataniotism, K.N., and A.N. Venetsanopoulos. (2013). *Color Image Processing and Applications*. Berlin (EG): Springer Science & Business Media.
- Polat, B., Colak, A., Cengiz, M., Yanmaz, L.E., Oral, H., Bastan, A., Kaya, S. and HayirlyA. (2010). Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 93(8):3525-3532.
- Poorani, M., Prathiba, T. and Ravindran, G. (2013). Integrated feature extraction for image retrieval. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*. 2(2):28-35.
- Potter, P.A., Perry, A.G.E., Hall, A.E. and Stockert, P.A. (2009). *Fundamentals of Nursing*. St. Louis (US): Elsevier Mosby.
- Price, S.A., and L.M.Wilson. (2005). *Patofisiologi: Konsep Klinis Proses-proses Penyakit*. Jakarta (ID): EGC.
- Purohit, R.C., and M.D. McCoy. (1980). Thermography in the diagnosis of inflammatory processes in the horse. *American Journal of Veterinary Research*. 41(8):1167-1174.
- Rainwater-Lovett, K., Pacheco, J.M., Packer, C. and Rodriguez LL. (2009). Detection of foot and mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. *The Veterinary Journal* 180(3):317-324.
- Ramey, D., Bachmann, K., and Lee, M.L. (2011). A comparative study of non-contact infrared and digital rectal thermometer measurement of body temperature in the horse. *Journal of Equine Veterinary Science*. 31(4):191-193.
- Reece, W.O., Erickson, H.W., Goff, J.P., and Eumura, E.E. (2015). *Dukes' physiology of domestic animals – 13<sup>th</sup> Edition*. John Wiley & Sons Inc. Oxford. United Kingdom
- Rekant, S.I., Lyons, M.A., Pacheco, J.M., Artz, J., and Rodriguez LL. (2016). Veterinary applications of infrared thermography. *American Journal of Veterinary Research*. 77(1):98-107.
- Resnick, R., Walker, J., and Halliday, D. (1988). *Fundamentals of Physics . Volume 1*. Hoboken (US): John Wiley.
- Samuel, J.L, Sanny, J., and Moebs, W. (2016). *University Physics vol 3: OpenStax*. Georgia (US): 12th Media Service.
- Schmid, S.M., Büscher, W. and Steinhoff-Wagner J. (2021). Suitability of Different Thermometers for Measuring Body Core and Skin Temperatures in Suckling Piglets. *Animals* 11,1004.
- Sellier, N., Guettier, E. and Staub, C. (2014). A review of method to measure animal body temperature in precision farming [review]. *American Journal of Agricultural Science and Technology* 2(2):74-99.
- Sherwood, L. (2014). *Fisiologi Manusia : Dari Sel ke Sistem* 6th edition. Yesdelita N, Editor. Jakarta (ID): EGC.
- Smith V.A., Lamb, V., and McBrearty, A.R. (2014). Comparison of axillary, tympanic membrane and rectal temperature measurement in cats. *Journal of Feline Medical Surgery*.

- Sokabe, T., and M. Tominaga. (2009). Molecular mechanisms underlying thermosensation in mammals. *Brain and Nerve Shinkei Kenkyu no Shinpo*. 61(7):867-873.
- Soroko, M., Dudek, K., Howell, K., Henkiewski, R., Jodkowska, E. (2014). Thermographic evaluation of racehorse performance. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34(9):1076–1083.
- Speakman, J.R., and S. Ward. (1998). Infrared thermography: principles and applications. *Zoology* 101: 224-232.
- Stewart, M., Webster, J.R., Schaefer, A.L., Cook, N.J., and Scott S.L. (2005). Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Animal Welfare*. 14(4):319-325.
- Sundin, P. (2015). Intuitive Colorization of temperature in thermal cameras [thesis]. Stockholm (SE): Royal Institute of Technology.
- Švejdová, K., Šoch, M., Šimková, A., Zábranský, L., Novák, P., Brouček, J., Čermák, B., Pálka, V., and Šimák-Líbalová, K. (2013). Measuring the body surface temperature of animals using a thermographic camera. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology*. 17(2):99-106.
- Taylor, N.A., Tipton, M.J., and Kenny G.P. (2014). Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. *Journal of Thermal Biology*. 46(1):72-101.
- Thom, E.C. (1959). The Discomfort Index. *Weatherwise*. 12:57-61.
- Timsit, E., Assié, S., Quiniou, R., Seegers, H., and Bareille, N. (2011). Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses. *Veterinary Journal*. 190(1):136-142.
- Tucker, C.B., Rogers, A.R., and Schütz K.E. (2008). Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*. 109(2):141-154.
- Turner, T. A. 1991. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*. 7(2):311–338.
- Usamentiaga, R., Venegas, P., Guerediaga, J., Vega, L., Molleda, J., and Bulnes F.G. (2014). Infrared thermography for temperature measurement and non-destructive testing. *Sensors*. 14(7):12305-12348.
- Wilmana, P.F., and S.S. Gan. (2007). *Farmakologi dan Terapi Edisi 5*. Jakarta (ID): Balai Penerbit FKUI.