

## Morfometrik Kambing Perah G<sub>1</sub> Sapera Betina Berdasarkan Analisa Citra Digital

### (Morphometrics of G<sub>1</sub> Sapera Betina Goat Based on Digital Image Analysis)

Anggraeni A

Balai Penelitian Ternak, Jl. Veteran III, PO BOX 221 Ciawi, Bogor  
*ria.anneke@yahoo.co.id*

#### ABSTRACT

Estimation of body measurements of animals through digital image analysis techniques can present morphometric data accurately and provide comfort to the animals. This study aimed to determine the accuracy in estimating body measurements through a digital image technique compared to a manual method. Samples were the first generation (G<sub>1</sub>) crossbreed goat of 'Sapera' (50% Saanen, 50% PE) females consisting of young females (1-1.5 years) (13 hds) and does (> 1.5-3 years) (17 hds). Seven body measurements were measured by manual and by citra digital images. Data were analyzed descriptively and compared by T-test. The results of body measurements of G<sub>1</sub> Sapera goat estimated by the manual method and the digital image technique were sequentially for chest depth (28.26±2.54 cm, 35.32±2.042 cm), body length (59.93±5.12 cm, 64,20±4,28 cm), shoulder height (64.87±5.31 cm, 64.09±5.31 cm), hip height (65.33±5.0 cm, 66.89±4.073 cm), front legs (51.75±3.29 cm, 50.17± 2.58 cm) and hind legs (26.86±1.82 cm, 27.55±1.22 cm), and pelvic width (15.37±2.23 cm, 14.75±1.57 cm). Young Sapera females were more uniform in body measurements than the does, i.e. Kk = 4.04-9.29 % vs 5.94-11.81 %. A number of body measurements of the G<sub>1</sub> Sapera goat can accurately estimated by the citra digital technique due to the low percentage differences compared to the manual method.

**Key words:** Citra digital, morphometric, dairy goat

#### ABSTRAK

Estimasi ukuran-ukuran tubuh ternak melalui teknik analisa citra digital mampu menyajikan data morfometrik secara akurat dan memberi rasa nyaman kepada ternak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi estimasi sejumlah ukuran tubuh melalui teknik citra digital dibandingkan metode pengukuran manual. Sampel adalah kambing perah silangan generasi pertama (G<sub>1</sub>) 'Sapera' (50% Saanen, 50% PE) betina meliputi kambing dara (1-1,5 tahun) (13 ekor) dan betina dewasa (> 1,5-3 tahun) (17 ekor). Dilakukan pengukuran secara manual dan perekaman secara citra digital terhadap tujuh variabel ukuran tubuh. Data dianalisis secara deskriptif dan uji-T. Hasil ukuran tubuh kambing G<sub>1</sub> Sapera secara manual dan citra digital berurutan untuk dalam dada (28,26±2,54 cm, 35,32±2,042 cm), panjang badan (59,93±5,12 cm,

64,20±4,28 cm), tinggi pundak 64,87±5,31 cm, 64,09±5,31 cm), tinggi panggul (65,33±5,0 cm, 66,89±4,073 cm), panjang kaki depan (51,75±3,29 cm, 50,17±2,58 cm), dan panjang kaki belakang (26,86±1,82 cm, 27,55±1,22 cm), serta lebar panggul (15,37±2,23 cm, 14,75±1,57 cm). Kambing dara memiliki ukuran-ukuran tubuh lebih seragam dibandingkan kambing dewasa, dengan Kk = 4,04-9,29% vs 5,94-11.81%. Data sejumlah ukuran tubuh kambing Sapera memungkinkan diperoleh dengan teknik citra digital karena menghasilkan perbedaan terhadap data ukuran manual yang rendah

**Kata kunci:** Citra digital, morfometrik, kambing perah

## PENDAHULUAN

Morfologi ternak merupakan salah satu performan yang dapat menggambarkan pertumbuhan tubuh (Anggraeni et al. 2020), efisiensi produksi (Kumar et al. 2016; Rout et al. 2018), dan adaptasi lingkungan (Přibyl et al. 2008). Ternak dengan potensi pertumbuhan tinggi lebih toleran terhadap kondisi lingkungan yang kurang sesuai dibandingkan ternak dengan potensi pertumbuhan rendah (Přibyl et al. 2008). Data morfometrik ternak sangat umum diperoleh dengan cara mengukur secara manual ukuran-ukuran tubuh dengan memakai alat ukur (Anggraeni & Praharani, 2017; Rout et al. 2018; Anggraeni et al. 2020). Pengukuran manual dalam pelaksanaannya sederhana, akan tetapi dapat mengganggu kenyamanan bahkan menimbulkan stres pada ternak. Selain itu pengukuran manual dapat berisiko bagi keselamatan pengukur. Metode perekaman citra digital dapat menjadi salah satu cara untuk memperoleh data morfometrik dengan mengurangi rasa stres ternak (Lawrence et al. 2012).

Citra atau *image* atau gambar merupakan informasi yang disampaikan dalam bentuk visual. Citra digital merupakan representasi dari sebuah citra dua dimensi sebagai suatu kumpulan nilai digital yang disebut elemen gambar atau piksel (Hilmawan 2016). Metode pengukuran digital (*photogrammetry*) terbukti memberikan hasil akurasi pengukuran dimensi tubuh sapi FH sebesar 95-98% (Tasdemir et al. 2011). Pengukuran melalui metode citra pada sapi Bali dan sapi Peranakan Ongole (PO) mampu menggantikan pengukuran morfometrik secara manual dengan nilai keragaman yang rendah, yaitu di bawah 10% (Putra et al. 2016). Pengumpulan data-data kuantitatif berupa morfometrik ternak dibutuhkan untuk melakukan identifikasi atau penciri ternak, memprediksi potensi produksi, dan peluang peningkatan produktivitas ternak (Hilmawan 2016).

Kambing sapera merupakan kambing perah hasil persilangan antara kambing Peranakan Etawah (PE) dengan kambing Saanen. Kambing Sapera sebagai kambing persilangan ini sudah dikembangkan oleh Balitnak dengan harapan memiliki kemampuan produksi susu tinggi dan kemampuan adaptasi tropis yang baik (Anggraeni et al. 2020). Seleksi sifat produksi susu pada tahap awal perlu dilakukan berdasarkan informasi sifat pertumbuhan terutama mencakup pertumbuhan kerangka tubuh (Anggraeni & Praharani 2017;

Anggraeni et al. 2020). Perlu dilakukan pengukuran ukuran tubuh kambing Sopera untuk dapat membantu seleksi awal sifat pertumbuhan sebagai indikator sifat produksi susu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode pengambilan data morfometrik kambing generasi pertama (G<sub>1</sub>) Sopera betina secara perekaman citra digital.

## MATERI DAN METODE

### Lokasi dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan di stasiun kambing perah di Balai Penelitian Ternak (Balitnak) Ciawi, Bogor. Penelitian dilakukan dari bulan Maret 2017 sampai April 2017.

### Bahan dan alat

Kambing Sopera dari generasi pertama atau G<sub>1</sub> Sopera betina dipakai sebagai sampel dengan jumlah total 30 ekor. Kambing tersebut terdiri dari kambing dara (1-1,5 tahun) sebanyak 13 ekor dan betina dewasa (>1,5-3 tahun) sebanyak 17 ekor. Umur ternak diperoleh dari data rekording dan pengecekan pada jumlah gigi seri permanen.

Peralatan yang digunakan adalah kamera mirrorless Olympus PEN EP-L 7, tongkat pembanding (*standing gauge*) sepanjang 50 dan 70 cm, laptop, dan *memory card* kamera 16 gb, dan *software* Image J. Pengukuran manual dilakukan dengan menggunakan pita ukur dengan ketelitian 1 mm, tongkat ukur dengan ketelitian 1 cm, jangka ukur (*caliper*) dengan ketelitian 1 mm, dan alat tulis.

### Pengukuran secara citra digital

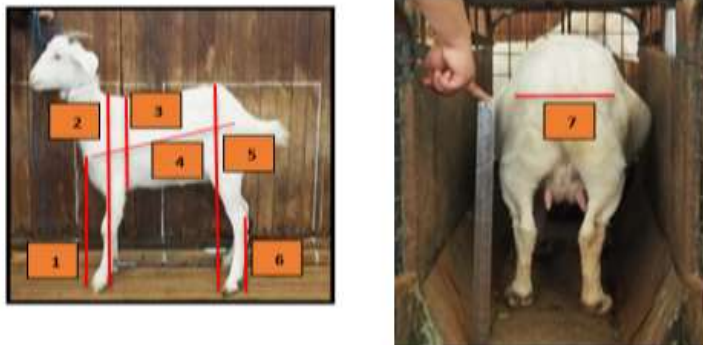
Pengukuran secara pencitraan digital menerapkan metode Schmidt-Nielsen (1984) yang dimodifikasi. Individu kambing diambil foto digitalnya pada jarak terdekat ( $\pm 2$  m) dengan kamera mirrorless Olympus PEN EP-L 7. Peubah yang diamati dalam pengukuran citra digital mengandalkan tonjolan-tonjolan tulang ternak. Ternak ditempatkan pada area yang datar dalam kondisi tegak berdiri. Pada saat pengambilan gambar, garis pembanding (*standing gauge*) digambarkan di belakang dan di samping ternak dalam posisi tegak lurus sebagai skala pembanding sepanjang 70 cm. Gambar diambil dari samping dan belakang secara tegak lurus tubuh ternak (Fapet IPB 2014). Gambar ternak yang telah diambil kemudian dianalisis untuk memperoleh estimasi ukuran tubuhnya dengan perangkat lunak Image J. Berikutnya dilakukan kalibrasi skala dengan menarik garis pada garis pembanding dengan panjang 70 cm. Pengukuran ukuran tubuh baru dapat dilakukan setelah dilakukan kalibrasi. Pengukuran dilakukan dengan

cara menarik garis pada batas variabel pengamatan. Data dianalisis deskriptif dengan mengujikan rata-rata, standar deviasi, dan koefisien keragaman.

### ***Pengukuran secara manual***

Pengukuran ukuran tubuh secara manual dilakukan dengan mengukur bagian tubuh ternak secara langsung. Ada tujuh variabel pengamatan meliputi dalam dada, panjang badan, tinggi pundak, tinggi pinggul, lebar pinggul, panjang kaki depan, dan panjang kaki belakang. Setiap ukuran tubuh sebagai berikut (WAVA 2012):

- Dalam dada yang diukur tepat dibelakang *Os scapula* dari titik dorsal hingga ventral (No. 3).
- Panjang badan yang diukur dari *tuber humerus* hingga *tuber ischium* (No. 4).
- Tinggi pundak yang diukur tepat dibelakang *os scapula* dari titik dorsal hingga tanah (No. 2).
- Tinggi pinggul yang diukur lurus dari *os coxae (tuber coxae)* hingga tanah (No. 5).
- Lebar pinggul yang diukur dari *tuber coxae* kiri hingga *tuber coxae* kanan (No. 7).
- Panjang kaki depan yang dikur dari *os humerus* hingga tanah (No. 1).
- Panjang kaki belakang yang diukur dari panggall *os tarsus* hingga tanah (No. 6).



**Gambar 1.** Ilustrasi pengukuran ukuran tubuh ternak dari samping (kiri) dan belakang (kanan)

### **Analisis data**

Data ukuran tubuh ternak dianalisis nilai rerata, simpangan baku dan koefisien keragaman menggunakan rumus Walpole (1993). Untuk membandingkan metode pengukuran manual dan citra digital dilakukan analisa uji t-student menurut Steel dan Torrie (1995), dengan formula berikut

$$t = \frac{(Xa - Xb) - (\mu a - \mu b)}{Sxa - xb}$$

Keterangan:

t= nilai t hitung dibandingkan nilai t tabel untuk menentukan penerimaan hipotesis;

Xa = rata-rata sampel a (manual);

Xb = rata-rata sampel b (digital);

μa = rata-rata populasi a (manual);

μb = rata-rata populasi b (digital); dan

Sxa - xb = nilai standar deviasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Eksterior kambing Sapera

Gambar 2 menyajikan penampilan eksterior kambing Sapera dewasa jantan (kiri) dan betina (kanan) di stasiun kambing perah di Balitnak, Ciawi, Bogor. Secara eksterior kambing Sapera memiliki karakteristik yang lebih menyerupai kambing Saanen dibandingkan dengan kambing PE. Warna tubuh umumnya putih dengan sejumlah kecil memiliki warna coklat muda merata di seluruh tubuh. Bentuk muka menyerupai segitiga dan memiliki hidung yang lurus. Daun telinga dari kambing Sapera terkulai ke bawah, yang tidak seperti halnya pada kambing Saanen dengan bentuk telinga tegak ke samping dan ke depan. Kambing Sapera juga memiliki garis punggung yang mengombak ke belakang, sehingga tinggi pinggul lebih tinggi terhadap pundak (Setiadi et al. 2001). Bentuk garis punggung yang mengombak ke belakang ini lebih mengikuti bentuk punggung dari kambing PE.



**Gambar 2.** Penampilan eksterior kambing Sapera dewasa jantan (kiri) dan betina (kanan)

### Deskripsi ukuran tubuh

Deskripsi ukuran-ukuran tubuh dari kambing Sapera hasil pengukuran secara manual pada kambing dara (1-1.5 tahun) dan dewasa (>1.5-3 tahun) disajikan pada Tabel 1. Nilai koefisien keragaman pada hasil analisis deskriptif menunjukkan tingkat keragaman ukuran tubuh kambing Sapera pengamatan.

**Tabel 1.** Deskripsi ukuran-ukuran tubuh kambing G<sub>1</sub> Sapera dara dan dewasa

Morfometrik (cm)	Sapera dara (n = 13)		Sapera dewasa (n = 13)		Saanen	PE
	X + Sd	Kk (%)	X + Sd	Kk (%)		
Dalam dada	26,14±1,44	5,50	30,10±1,79	5,94	32,54 <sup>(1)</sup>	32,54 <sup>(2)</sup>
Panjang badan	57,21±5,32	9,29	61,03±3,99	6,55	109,75 <sup>(1)</sup>	57 <sup>(2)</sup>
Tinggi pundak	62,19±3,47	5,58	68,55±7,52	10,97	66,94 <sup>(1)</sup>	71 <sup>(2)</sup>
Tinggi pinggul	62,71±2,53	4,04	68,59±7,25	10,57	80,1 <sup>(1)</sup>	80,1 <sup>(2)</sup>
Panjang kaki depan	50,32±2,49	4,94	52,67±3,81	7,22	-	-
Panjang kaki belakang	27,06±1,41	5,22	27,07±2,46	9,09	-	-
Lebar pinggul	13,55±1,18	8,72	16,65±1,97	11,81	-	-

X = rerata; Sd = standar deviasi; Kk = koefisien keragaman

(1) adalah SZZV German (2008), (2) adalah BSN (2008)

Nilai rerata ukuran tubuh kambing Sapera umur dara dan dewasa menunjukkan adanya pertambahan ukuran tubuh kambing Sapera yang diamati. Nilai koefisien keragaman (Kk) kambing Sapera dara (umur 1-1.5 tahun) lebih rendah apabila dibandingkan terhadap kambing Sapera dewasa (umur >1.5-3 tahun), terkecuali untuk panjang badan. Nilai koefisien keragaman yang lebih rendah pada kambing dara mengindikasikan penampilan morfometrik saat umur muda lebih seragam. Faktor lingkungan yang dapat memberikan pengaruh terhadap keragaman ukuran-ukuran tubuh kambing perah antara lain jenis kelamin, tipe kelahiran, musim, dan tahun beranak (Supakorn & Pralomkarn 2012; Dudhe et al. 2015; Sarma et al. 2019; Anggraeni et al. 2020).

Keragaman genetik ternak dapat dipelajari melalui pengamatan keragaman fenotipik sifat-sifat kuantitatif melalui analisis morfometrik (Salamena et al. 2007). Data ukuran-ukuran tubuh kambing Saanen dan kambing PE sebagai pembanding pada Tabel 1 adalah bersumber dari kambing perah dewasa rumpun Saanen menurut SZZV German (2008) dan rumpun lokal PE menurut BSN (2008). Apabila dibandingkan terhadap data morfometrik kambing Sapera dewasa pengamatan menunjukkan bahwa ukuran dalam dada, panjang badan, dan tinggi pinggul dari kambing Sapera lebih kecil dari kambing Saanen. Akan tetapi kambing Sapera dewasa pengamatan memiliki panjang badan yang lebih tinggi terhadap kambing PE.

### Ukuran tubuh secara manual dan citra digital

Pengukuran ukuran tubuh kambing Sapera secara citra digital hanya dilakukan terhadap dalam dada, panjang badan, panjang kaki belakang dan kaki depan, tinggi pundak serta tinggi pinggul. Pengukuran lingkaran dada dan lebar dada tidak dapat dilakukan secara citra digital karena gambar yang digunakan bersifat 2

dimensi (2D). Teknik pengukuran citra digital dapat dibedakan menjadi 2 dimensi (2D) dan 3 dimensi (3D) (Chiari et al. 2008). Kedua metode tersebut digunakan untuk melihat perbandingan antara pengukuran secara manual dan citra digital agar keakuratan metode pengukuran digital dapat diketahui. Penggunaan analisis citra digital dalam penilaian performan ternak pertama kali dilakukan oleh Schofield (1990) pada ternak babi.

**Tabel 2.** Perbandingan hasil pengukuran morfometrik secara manual dan citra digital pada kambing G<sub>1</sub> Sapera

Morfometrik	Manual (cm)	Citra Digital (cm)	Perbedaan	
			cm	%
Dalam Dada	28,26 <sup>a</sup> ±2,54	35,32 <sup>b</sup> ±2,042	-7,06	-24,96
Panjang Badan	59,93 <sup>a</sup> ±5,12	64,20 <sup>b</sup> ±4,28	-4,27	-7,13
Tinggi Pundak	64,87 <sup>a</sup> ±5,31	64,09 <sup>a</sup> ±5,31	0,78	1,21
Tinggi Pinggul	65,33 <sup>a</sup> ±5,00	66,89 <sup>a</sup> ±4,073	-1,56	-3,10
Panjang Kaki Depan	51,75 <sup>a</sup> ±3,29	50,17 <sup>a</sup> ±2,58	1,58	3,05
Panjang Kaki Belakang	26,86 <sup>a</sup> ±1,82	27,55 <sup>a</sup> ±1,22	-0,69	-2,56
Lebar Pinggul	15,37 <sup>a</sup> ±2,23	14,75 <sup>a</sup> ±1,57	0,62	4,04

- Angka yang disertai huruf kapital pada baris sama menyatakan adanya perbedaan sangat nyata ( $P < 0.01$ );
- Angka yang disertai huruf huruf kecil pada baris sama menyatakan perbedaan nyata ( $P < 0.05$ )

Hasil perbandingan pengukuran ukuran tubuh kambing Sapera secara manual dan citra digital ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil pengukuran tubuh dengan menggunakan metode citra digital memiliki nilai koefisien keragaman (Kk) dan *standar deviasi* (Sd) yang lebih rendah apabila dibandingkan terhadap hasil pengukuran secara manual. Semakin rendah nilai Kk dan Sd, maka tingkat keakuratan pengukuran semakin baik. Hasil pengukuran ukuran tubuh kambing Sapera menggunakan citra digital dibandingkan hasil pengukuran manual menunjukkan perbedaan nyata ( $P < 0,05$ ) hanya pada ukuran dalam dada dan panjang badan. Sebagian ukuran tubuh lainnya, yaitu tinggi pundak, tinggi pinggul, panjang kaki depan, panjang kaki belakang, dan lebar pinggul adalah tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ). Hasil ini sesuai dengan laporan Gaudioso et al. (2014) yang menyatakan metode analisis citra digital dapat digunakan sebagai estimasi ciri fisik tubuh sapi dengan baik dan tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ) terhadap hasil pengukuran secara langsung.

Perbedaan antara kedua metode pengukuran dinyatakan dalam *absolut* (cm) dan persentase (%) seperti disajikan pada Tabel 2. Secara umum diperoleh perbedaan ukuran tubuh antara kedua metode pengukuran kurang dari 10 cm dengan rata-rata perbedaan sebesar 2,36 cm. Perbedaan cukup tinggi diperoleh pada dalam dada

dan panjang badan, sebaliknya perbedaan kurang dari 1 cm terjadi pada tinggi pundak dan lebar pinggul. Persentase perbedaan antara kedua metode pengukuran diperoleh berkisar antara 1,21-24,96%. Persentase perbedaan tertinggi pada dalam dada (24,96%), sebaliknya terendah pada tinggi pundak (1,21%). Persentase perbedaan ukuran-ukuran tubuh hasil perbandingan kedua metode pengukuran pada kambing Sapera penelitian ini adalah lebih tinggi dibandingkan hasil laporan pada kerbau (0,32-1,55%), sapi perah (0,2-2,0%), dan sapi pedaging (1,3-2,2%) (Tozser et al. 2000; Negretti et al. 2008).

Persentase perbedaan tertinggi pada dalam dada (24,96%) dari kambing Sapera diduga karena pengukuran dalam dada tidak menggunakan tonjolan tulang dalam pengukuran. Sementara rambut kambing yang panjang di bagian dada dapat memberi pengaruh hasil pengukuran secara digital. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran ukuran tubuh kambing Sapera secara citra digital dapat dilakukan dengan baik pada ukuran tubuh yang menggunakan tonjolan tulang (Hilmawan et al. 2016). Hal ini seperti diilustrasikan oleh hasil ukuran pada tinggi pundak yang mana tonjolan tulang mudah terekam oleh sistem kamera citra digital. Persentase perbedaan hasil pengukuran antara kedua metode pada suatu bagian tubuh dapat disebabkan oleh kondisi ternak, posisi ternak, dan ketepatan evaluator (Hilmawan et al. 2016). Semakin kecil nilai perbedaan artinya pengukuran semakin tepat (Munoz-Munoz & Perpina 2010). Pengukuran morfometrik menggunakan komputer memberikan pengaruh yang rendah dalam peningkatan *standar error* dibandingkan dengan pengukuran secara manual (Muñoz-Muñoz & Perpiñán 2010). Metode analisis citra digital dapat memberikan estimasi ciri tubuh sapi dengan baik dan tidak berbeda dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung (Lasfeto et al. 2008).

Terdapat 3 hal yang dapat menjadi sumber eror dalam pengukuran tubuh ternak, yaitu (a) Identifikasi dalam penentuan titik tubuh yang akan diukur; (b) Distorsi anatomi tubuh yang dihasilkan oleh ternak yang mengubah posisi atau posturnya atau dikarenakan perubahan otot; dan (c) Eror yang disebabkan pada saat pengukuran pada berbagai posisi tubuh ternak, yang banyak terjadi saat menggunakan pita ukur (Fisher 1975). Efektivitas pengukuran dengan citra digital juga dipengaruhi pada aspek yang spesifik seperti tekstur permukaan tubuh ternak, warna kulit, desposisi rambut tubuh ternak, dan kualitas pencahayaan (Hilmawan et al. 2016). Karakteristik ternak yang akan diukur juga mempengaruhi keakuratan pengukuran, ternak yang gemuk akan sulit diukur karena tonjolan tulang tidak terlihat. Pengukuran citra digital mengandalkan tonjolan tulang dalam pengukurannya. Kambing memiliki rambut yang lebih panjang dibandingkan dengan ternak lainnya, maka pengukuran citra digital pada kambing dapat menurunkan akurasi hasil pengukuran pada kondisi tonjolan tulang sulit ditentukan. Akan tetapi secara umum estimasi ukuran tubuh kambing G<sub>1</sub> Sapera betina menggunakan teknik citra digital masih memberikan hasil akurasi yang baik terhadap hasil pengukuran secara langsung.



## KESIMPULAN

Teknik analisa citra digital dapat diterapkan dalam mendapatkan ukuran tubuh yang mendasarkan kepada tonjolan tulang sebagai titik rekam. Metode pengukuran melalui citra digital dibandingkan pengukuran manual pada kambing Sapera menghasilkan persentase perbedaan sekitar 1,21-24,96 %. Persentase perbedaan tertinggi pada dalam dada (24,96 %), sebaliknya terendah pada tinggi pundak (1,21%). Hasil pengukuran secara citra digital dapat dilakukan dengan baik pada ukuran tubuh dengan menggunakan tonjolan tulang sebagai titik rekam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Balai Penelitian Ternak yang sudah memberikan kesempatan untuk menggunakan kambing G<sub>1</sub> Sapera sebagai materi untuk pelaksanaan penelitian pengukuran tubuh kambing perah dengan metoda Citra Digital ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni A, Saputra F, Hafid A, Ishak ABL. 2020. Non-genetic and genetic effects on the growth traits from birth to 120 days of age of G<sub>2</sub> Sapera goat. *JITV* 25:48-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v25i2.2498>.
- Anggraeni A, Praharani L. 2017. Morphometric characteristics of Etawah Grade goat as a female population of crossed Sapera dairy goat at IRIAP. In: Wahyu Y, Wirmas D, Trikoesoemaningtyas, Ritonga AW, Marwiyah S, editors. PERIPI -2017 Int Semin. Bogor (Indonesia): PERIPI (Indonesian Breeding Science Society).
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2008. Nomor 7325:2008 Tentang Bibit Kambing Peranakan Etawah (PE). Jakarta (Indonesia): BSN.
- Chiari Y, Wang B, Rushmeier H, Caccone A. 2008. Using digital images to reconstruct three-dimensional biological forms: a new tool for morphological studies. *Biological Journal Linn Society* 95:425-436.
- Dudhe S, Yadav S, Nagda R, Pannu U, Gahlot G. 2015. Genetic and non-genetic factors affecting morphometry of Sirohi goats. *Vet World*. 8:1356-1363.
- [Fapet IPB] Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. 2014. Laporan Pengembangan Metode Pengukuran Morfometrik Ternak dengan Menggunakan Teknik Pencitraan Digital. Bogor (ID): Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor.
- Fisher AV. 1975. The accuracy of some body measurements on live beef steers. *Livest Prod Sci*. 2:357-366.
- Gaudioso V, Ablanedo ES, Lomillos JM, Alonso ME, Morillo LJ, Rodrigues P. 2014. Photozoomer: A new photogrammetric system for obtaining morphometric measurements of elusive animals. *Journal of Livestock Science* 165(2014):147-156.

- Hilmawan F. 2016. Pertumbuhan dan morfometrik tubuh ternak sapi peranakan ongole dan kerbau jantan dengan pencitraan digital [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor
- Hilmawan F, Nuraini H, Priyanto R, Putra BW. 2017. Pengukuran morfometrik sapi peranakan ongole dan kerbau jantan dengan metode citra digital. *Jurnal Veteriner Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor*.
- Jafari S, Hashemi A. 2014. Estimation of genetic parameters for body measurements and their association with yearling liveweight in the Makuie sheep breed. *S Afr J Anim Sci*. 44:140.
- Kumar S, Dahiya SP, Malik ZS, Patil CS. 2016. Association of linear body measurements with growth traits in Harnali. *Int Res J Biol Sci*. 5:55-58.
- Lasfeto DB, Susanto A, Agus A. 2008. Aplikasi pengolahan citra untuk dimensi bobot badan ternak sapi. *Buletin Peternakan* 32:167-176.
- Lawrence TLJ, VR Fowler, J Vovakofski. 2012. *Growth of Farm Animals*. Edisi ke 3. Cambridge (US): CABI.
- Muñoz-Muñoz, F. Perpiñán, D. 2010. Measurement error in morphometric studies: comparison between manual and computerized methods. *Ann Zool Fennici*. 47:46-56.
- Negretti P, Bianconi G, Bartocci S, Terramocia S, Verna M. 2008. Determination of live weight and body condition score in lactating mediterranean buffalo by visual image analysis. *Journal of Livestock Science* 113: 1-7.
- Putra BW, Fuah AM, Nuraini H, Priyanto R. 2016. Penerapan teknik citra digital sebagai metode pengukuran morfometrik ternak pada sapi Bali dan Peranakan Ongole. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia Bogor (Indonesia): Institut Pertanian Bogor*
- Ruhimat A. 2003. Produktivitas kambing persilangan peranakan etawah betina dengan kambing Saanen Jantan (PESA) di PT. Taurus Dairy Farm [skripsi]. Bogor (Indonesia): Institut Pertanian Bogor.
- Přibyl J, Krejčová H, Přibyllova J, Misztal I, Tsuruta S, Mielenz N. 2008. Models for evaluation of growth of performance tested bulls. *Czech J Anim Sci*. 53:45-54.
- Rout PK, Matika O, Kaushik R, Dige MS, Dass G, Singh MK, Bhusan S. 2018. Genetic analysis of growth parameters and survival potential of Jamunapari goats in semiarid tropics. *Small Rumin Res*. 165:124-130.
- Salamena JF, Noor RR, Sumantri C, Inounu I. 2007. Hubungan genetik, ukuran populasi efektif dan laju silang dalam per generasi populasi domba di Pulau Kisar. *Jurnal Indonesian Tropical Animal Agriculture* 32[2] Juni 2007. Hal: 71-75.
- Sarma L, Nahardeka N, Goswami RN, Aziz A, Zaman G, Das A, Akhtar F. 2019. Non-genetic factors affecting preweaning growth and morphometric traits in Assam Hill goat. *Vet World*. 12:1327-1331.
- Schmidt-Nielsen K. 1984. *Scaling: Why is Animal Size so Important?* Cambridge (US): Cambridge University Press.