

Penerapan Teknik Citra Digital Sebagai Metode Pengukuran Morfometrik Ternak pada Sapi Bali dan Peranakan Ongole

(Application of Digital Image Technique for Morphometrics Measurement on Bali and Ongole Cattle)

Bramada Winiar Putra*, Asnath Maria Fuah, Henny Nuraini, Rudy Priyanto

(Diterima Februari 2016/Disetujui Maret 2016)

ABSTRAK

Pengukuran morfometrik menggunakan citra digital memberikan beberapa keuntungan, antara lain lebih aman baik untuk peneliti maupun ternak, memberikan data yang lebih akurat, meminimalkan stres pada ternak serta memberikan data yang lebih detail dan lengkap. Penelitian ini menggunakan 20 ekor sapi Peranakan Ongole dan 20 ekor sapi Bali dengan umur rata-rata 3 tahun. Pengambilan citra digital menggunakan kamera DSLR dengan resolusi 18 Mp. Analisis data menggunakan program Image J. Parameter yang diamati adalah panjang badan, tinggi badan, tinggi hips, tinggi pelvis, tinggi loin, panjang *Ossa vertebrae cervicales*, panjang *Ossa vertebrae thoracicae*, panjang *Ossa vertebrae lumbales*, panjang *Os scapula*, panjang *Os humerus*, panjang *Ossa radius-ulna*, panjang *Os metacarpale III*, panjang *Os femoris*, panjang *Ossa tibia-fibula*, and panjang *Os metatarsale III*. Analisis Citra Digital mampu menggantikan pengukuran morfometrik manual dengan nilai keragaman yang rendah, yaitu di bawah 10%. Aplikasi pengukuran pada sapi Peranakan Ongole dan Bali menunjukkan bahwa sapi Bali memiliki potensi deposisi per dagingan pada area sumbu tubuh sedangkan pada sapi Peranakan Ongole potensi deposisi per dagingan ada pada alat gerak depan dan belakang.

Kata kunci: citra digital, morfometrik, perbandingan tubuh, sapi Peranakan Ongole, sapi Bali

ABSTRACT

Morphometric measurements using digital image technique give a lot of benefits i.e., a safer method both for the researchers and the experimental animals, produce a more accurate morphometric data, reduce the stress in the experimental animals and produce a more detail and complete morphometric data. This experiment used 20 Ongole cross cattle and 20 Bali cattle with the average age of 3 years. Digital image data were collected by using DSLR camera with 18Mp resolution. The collected digital image data were analyzed by using Image J program. Parameters measured in this observation were body length, body height, hip height, pelvic height, loin height, the length of *ossa vertebrae cervicales*, the length of *ossa vertebrae thoracicae*, the length of *ossa vertebrae lumbales*, the length of *os scapula*, the length of *os humerus*, the length of *ossa radius-ulna*, the length of *os metacarpale III*, the length of *os femoris*, the length of *ossa tibia-fibula*, and the length of *os metatarsale III*. Digital image technique could replace the manual technique for morphometric measurement with a lower level of variance (<10%). Application of digital image technique for measurement of morphometric parameters in Ongole Cross and Bali cattle showed that Bali cattle has a potential for muscle deposition in body frame and body axis while Ongole Cross cattle has a potential for muscle deposition in fore and hind legs.

Keywords: Bali cattle, body comparison, digital image, morphometric, Ongole cross cattle

PENDAHULUAN

Morfometri adalah analisis kuantitatif tubuh yang meliputi bentuk dan ukuran. Data morfometrik ternak menjadi parameter yang sangat penting karena dapat digunakan untuk mempelajari anatomis ternak, produktivitas, laju pertumbuhan serta kualitas performa ternak yang dapat memengaruhi harga jual dari suatu ternak. Data morfometrik juga dapat digunakan untuk mendesain kandang ternak hingga prediksi hasil karkas atau daging.

Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.

* Penulis Korespondensi:

E-mail: indonesianbeefmaster@gmail.com

Pengukuran morfometrik secara konvensional menurut Marcus (1990), dilakukan dengan mengukur langsung parameter tubuh ternak seperti tinggi badan, panjang badan, dalam dada, tinggi pinggul, dan lain sebagainya menggunakan penggaris, tongkat ukur atau pita ukur dengan mengacu pada tonjolan tulang (*tuberositas* atau *processus*) atau persendian (*articulation*). Bewley *et al.* (2008) menyatakan bahwa acuan tonjolan tulang juga dapat digunakan untuk menentukan nilai kondisi ternak. Pengukuran secara manual dapat memberikan beberapa kendala antara lain menyebabkan ternak lebih mudah stres, pengukuran menjadi kurang akurat karena ternak terlalu banyak bergerak dan bahkan dapat memberikan resiko adanya agresivitas ternak yang menyebabkan peneliti dapat terluka oleh serangan ternak.

Berdasarkan kendala tersebut maka perlu dikembangkan suatu metode pengukuran morfometrik ternak dengan metode yang lebih mudah, dapat memperkecil resiko ternak stres selama pengukuran dan resiko adanya serangan ternak yang dapat melukai peneliti. Salah satu metode yang dapat dijadikan sebagai solusi untuk pengukuran morfometrik yang lebih efektif adalah dengan metode pencitraan digital. Metode ini dilakukan dengan mengambil foto secara proporsional dan memiliki acuan standar pengukuran sehingga pada saat dilakukan pengukuran secara digital dapat diperoleh data akurat yang mewakili ukuran yang sebenarnya. Metode ini diharapkan dapat diterapkan untuk pengukuran morfometrik yang lebih aman, data yang lebih akurat, dan ternak yang dapat diukur pada waktu yang sama dapat lebih banyak serta dapat memberikan data lebih banyak yang tidak dapat diambil pada pengukuran langsung (Ozkaya 2012).

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan metode pengukuran morfometrik ternak melalui pencitraan digital sehingga diperoleh teknik pengukuran ternak yang lebih aman, memperkecil resiko stres ternak, serta dapat memberikan data morfometrik yang lebih lengkap.

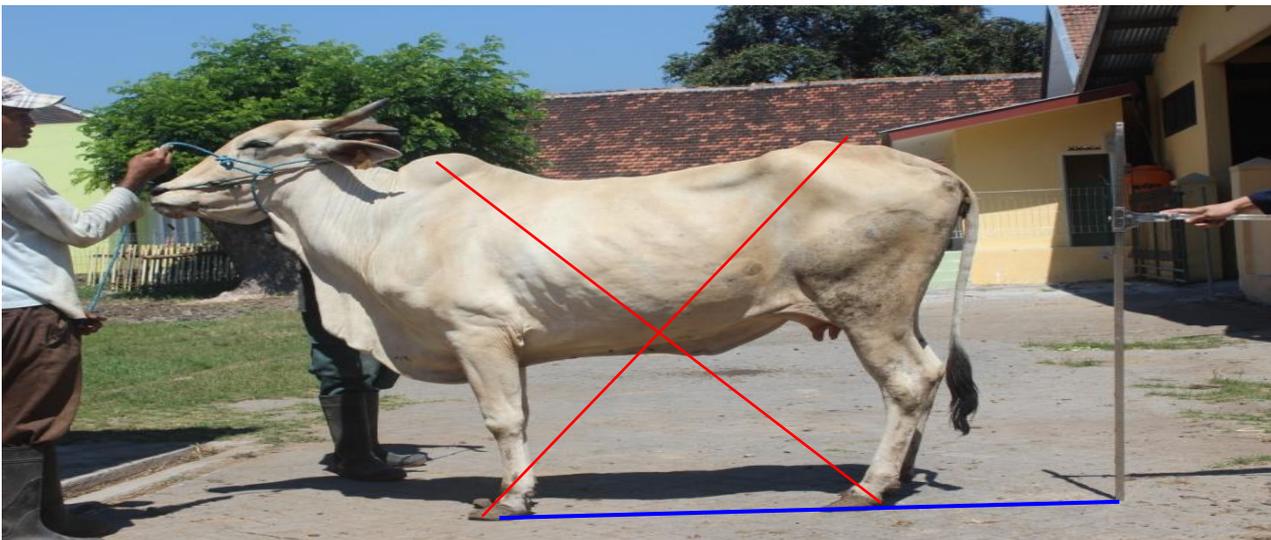
METODE PENELITIAN

Ternak yang digunakan adalah sapi Peranakan Ongole dan sapi Bali dewasa berumur diatas 3 tahun. Sampel yang digunakan untuk masing-masing bangsa ternak sejumlah 20 ekor betina. Pengukuran morfometrik ternak dilakukan di Lokasi Penelitian Sapi Potong Grati. Pengukuran manual ternak dilakukan menggunakan tongkat ukur dan pita ukur. Pengambilan citra digital dilakukan dengan menggunakan kamera digital SLR (DSLR) dengan resolusi 18 Mp, focal Length 18–55 mm range aperture lensa f/3,5–5,6, ISO Range 100–6400, range Shutter Speed

30–1/4000 detik. Analisis citra digital dilakukan di Laboratorium Ruminansia Besar, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Pengukuran data citra digital dilakukan dengan menggunakan *software Image J*.

Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pengujian dan tahap aplikasi. Tahap pengujian dilakukan untuk menguji tingkat akurasi metode pengukuran morfometrik dengan menggunakan citra digital dibandingkan pengukuran manual. Pelaksanaan tahap pengujian dilakukan dengan membandingkan antara metode pengukuran manual dengan metode pengukuran digital. Tahap ini dilakukan dengan mengukur sebanyak 20 ekor sapi peranakan Ongole dengan pengukuran manual dan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan citra digital. Pengambilan citra digital dilakukan pada jarak penuh, yaitu jarak yang diambil tanpa zoom sehingga diperoleh citra ternak penuh pada tampilan layar, kemudian diambil jarak 1,5 kali dari jarak penuh dan 2 kali jarak penuh. Titik fokus utama kamera diambil pada pertemuan diagonal tubuh, yaitu pertemuan antara diagonal pangkal ekor - ujung kaki depan dengan punuk - ujung kaki belakang. Pembanding yang digunakan adalah tongkat ukur yang diletakkan linier pada bidang sapi secara horizontal, dan dapat diletakkan di sebelah belakang atau depan sapi. Teknik pengambilan citra digital disajikan dalam Gambar 1. Parameter yang diamati adalah parameter makro, yaitu dalam dada, tinggi badan, dan panjang badan. Ketiga parameter ini merupakan parameter utama yang menentukan pertumbuhan pada sapi potong (Berg & Butterfield 1976). Jika dari hasil pengujian menunjukkan nilai akurasi yang sebanding maka dilakukan tahap aplikasi.

Analisis foto digital dilakukan dengan menggunakan program *Image J*. *Image J* dipilih sebagai *software* untuk pengukuran digital karena memiliki beberapa kelebihan, yaitu: *software Image J* dapat diunduh gratis, ukuran filenya relatif kecil, mudah



Gambar 1 Teknik pengambilan citra digital. Garis merah menunjukkan pertemuan diagonal tubuh sebagai titik fokus. Garis biru menunjukkan penempatan tongkat ukur sebagai pembanding harus linier horizontal dengan sapi.

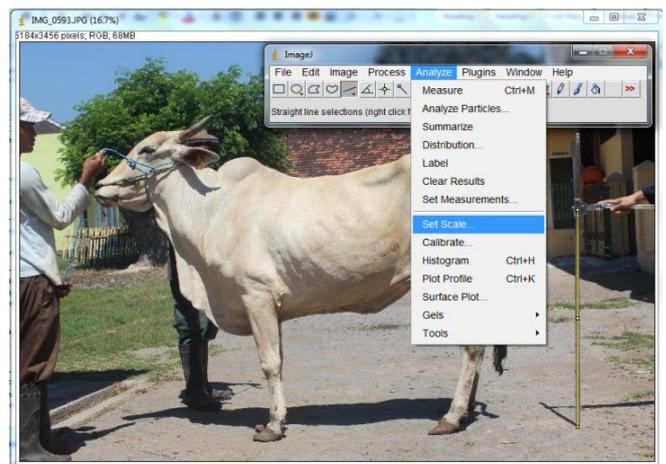
penggunaannya, dan relatif kompatibel pada beberapa jenis laptop. Metode pengukuran dengan menggunakan *Image J* dimulai dengan membuka file citra digital yang ingin diukur. Langkah berikutnya adalah menentukan kalibrasi skala dengan cara menarik garis pada tongkat ukur hingga mencapai 100 cm pada tongkat ukur. Panjang garis tersebut dikalibrasi pada skala 100 cm pada program. Pengukuran parameter morfometri baru dapat dilakukan setelah kalibrasi dengan cara menarik garis pada batas parameter kemudian hasil pengukuran dapat diketahui. Teknik pengukuran dengan program *Image J* disajikan pada Gambar 2–5. Hasil pengukuran kemudian ditabulasi dalam program Microsoft Excel untuk dapat dihitung nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien keragaman.

Tahap aplikasi dilakukan dengan membandingkan morfometrik ternak sapi Peranakan Ongole (PO) dengan sapi Bali. Perbandingan ini dilakukan dengan citra digital untuk mengamati semua parameter linier anatomis tubuh ternak. Parameter linier merupakan batasan pada tulang maupun kelompok tulang utama yang dapat diamati secara visual dan merupakan batasan pertumbuhan kerangka ketika ternak dewasa (Calder 1984). Tahap ini dilakukan dengan mengukur 20 ekor sapi PO dan 20 ekor sapi Bali berumur di atas

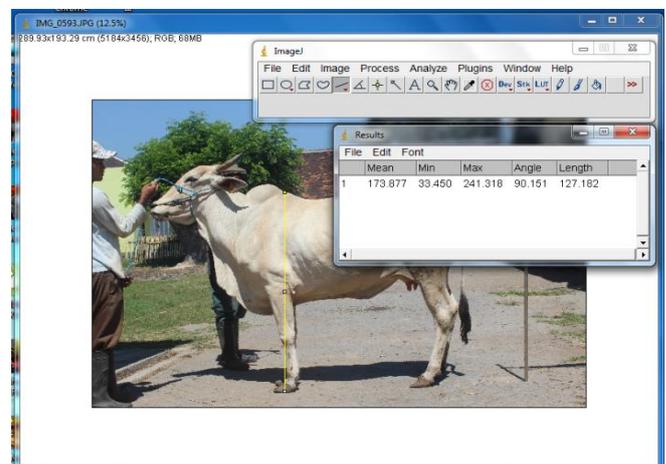
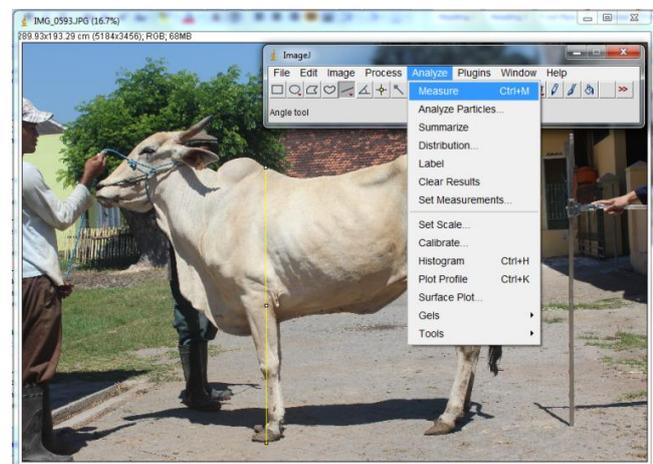
3 tahun sehingga dapat dilihat perbandingan performa anatomis antara sapi PO dan sapi Bali pada umur dewasa tubuh. Parameter yang diamati pada tahap aplikasi ini adalah panjang badan, tinggi badan, tinggi sakrum, tinggi hip, tinggi pinggang, dalam dada, jarak kaki depan dan belakang, panjang kelompok tulang leher (*ossa vertebrae cervicales*), panjang kelompok tulang punggung (*ossa vertebrae thoracicae*), panjang kelompok tulang pinggang (*ossa vertebrae lumbales*), panjang os *scapula*, panjang os *humerus*, panjang os *radius-ulna*, panjang os *metacarpale III*, panjang os *femoris*, panjang os *tibia-fibula*, panjang os *metatarsale III*. Penamaan tulang mengacu pada World Association of Veterinary Anatomist (2005) dan batas pengukuran pada masing-masing tulang sebagai parameter morfometrik mengacu pada Budras & Habel (2003).

Analisa Data

Data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan pengujian hipotesis *student's test* berekor dua (sampel ganda) untuk membandingkan antara pengukuran manual dan digital, serta ukuran morfometri sapi PO dan Bali. Formulasi matematika menurut Steel dan Torrie (1991) adalah :



Gambar 2 dan 3 menunjukkan cara penentuan skala kalibrasi pada software *Image J*.



Gambar 4 dan 5 menunjukkan cara pengukuran parameter.

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

Keterangan :

- t : Nilai t hitung yang akan dibandingkan dengan t tabel untuk menentukan penerimaan hipotesis
- (Xa - Xb) : Selisih rata-rata sampel a dan b
- (μa - μb) : Selisih rata-rata populasi a dan b
- Sxa - xb : Nilai standar eror

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Pengujian

Hasil pengujian perbandingan antara metode pengukuran morfometrik secara manual dan dengan metode pengolahan citra digital menunjukkan bahwa pada pengukuran morfometrik tubuh antara metode manual maupun analisis citra digital tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, namun pada penggunaan kamera DSLR memiliki tingkat keragaman data yang lebih rendah dilihat dari simpangan baku dari pengukuran dibandingkan dengan pengukuran manual. Hasil pengukuran morfometrik menggunakan citra digital dan manual disajikan pada Tabel 1. Keragaman suatu data dapat dilihat dari nilai koefisien keragaman dari suatu data yang dihitung dengan nilai persentase standar deviasi dibagi dengan rata-rata (Hanifah 1991). Keragaman data pada pengamatan lapang dinyatakan rendah atau data dianggap seragam jika koefisien keragaman menunjukkan nilai dibawah 20%. Hal ini dapat menjadi acuan bahwa metode pengukuran morfometrik tubuh ternak dengan menggunakan analisis citra digital dapat dilakukan untuk menggantikan metode pengukuran manual. Dengan demikian maka dalam memperoleh data morfometrik ternak dapat dilakukan dengan cara yang lebih mudah, tidak membahayakan peneliti maupun membuat stres ternak, serta mampu mendapatkan jumlah ulangan ternak yang lebih banyak pada waktu pengukuran lapang yang sama.

Pengambilan citra digital pada jarak yang berbeda juga tidak memberikan perbedaan yang nyata.

Tabel 1 Perbandingan nilai pengukuran morfometrik secara manual dan dengan metode pengolahan citra digital dengan menggunakan kamera DSLR

Parameter	Metode pengukuran	
	Digital	Manual
Ukuran penuh		
Dalam dada	55,18 ± 0,95	55,50 ± 1,22
Tinggi badan	117,21 ± 0,79	116,00 ± 0,89
Panjang badan 1,5 Penuh		
Dalam dada	56,49 ± 1,03	55,50 ± 1,22
Tinggi badan	115,37 ± 0,79	116,00 ± 0,89
Panjang badan 2 Penuh	104,27 ± 0,93	103,00 ± 2,68
Dalam dada	54,44 ± 1,00	55,50 ± 1,22
Tinggi badan	115,40 ± 2,49	116,00 ± 0,89
Panjang badan	103,48 ± 1,51	103,00 ± 2,68

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui titik terjauh pengambilan citra digital yang masih mampu menghasilkan data yang akurat. Dengan demikian pada beberapa ternak atau hewan yang memiliki tingkat agresivitas yang tinggi, pengambilan citra digital dapat dilakukan pada jarak yang lebih jauh sehingga tidak membahayakan peneliti dalam pengambilan data. Selanjutnya teknik ini akan diujicobakan pada pengukuran parameter yang lebih detail pada tahap aplikatif. Pada tahap ini akan dibandingkan performa morfometrik antara sapi PO dan sapi Bali pada umur yang sama.

Tahap Aplikasi

Tahap aplikasi dilakukan untuk mengetahui aplikasi metode pengukuran morfometrik menggunakan analisis citra digital. Pada tahap aplikasi akan diamati performa morfometrik ternak lebih detail mulai performa umum, alat gerak depan, alat gerak belakang, hingga sumbu tubuh. Hasil pengukuran morfometri pada sapi Bali dan peranakan Ongole disajikan pada Tabel 2

Berdasarkan ukuran performa umum, sapi PO memiliki panjang badan, tinggi badan, tinggi sakrum, dan tinggi hip yang lebih besar (P<0,01) jika di-

Tabel 2 Perbandingan performa morfometrik sapi Bali dan PO dengan analisa citra digital.

Parameter	Bangsa sapi	
	Bali	PO
Performa umum		
panjang badan	110,94 ± 3,11 ^A	117,44 ± 3,37 ^B
tinggi badan	107,78 ± 5,49 ^A	124,25 ± 2,00 ^B
tinggi sacrum	112,22 ± 4,55 ^A	131,19 ± 3,09 ^B
tinggi hips	107,39 ± 3,05 ^A	127,38 ± 3,26 ^B
tinggi pinggang	106,94 ± 3,78 ^A	120,38 ± 8,40 ^B
dalam dada	57,00 ± 2,77	55,31 ± 2,37
jarak kaki depan-belakang	61,72 ± 7,44	65,63 ± 10,49
Alat gerak depan		
<i>Os scapula</i>	45,83 ± 2,83	47,13 ± 3,03
<i>Os humerus</i>	29,39 ± 1,83	31,31 ± 2,27
<i>Ossa radius-ulna</i>	35,22 ± 2,41 ^a	31,63 ± 4,03 ^b
<i>Ossa metacarpale III</i>	17,22 ± 1,25 ^A	20,69 ± 2,25 ^B
<i>Ossa phalanges</i> depan	6,61 ± 2,19 ^A	4,56 ± 0,94 ^B
Alat gerak belakang		
<i>Os femoris</i>	31,22 ± 2,37	33,00 ± 2,36
<i>Ossa tibia-fibula</i>	40,44 ± 4,91 ^a	46,00 ± 3,99 ^b
<i>Ossa metatarsale III</i>	25,11 ± 1,78 ^a	27,50 ± 2,04 ^b
<i>Ossa phalanges</i> belakang	6,67 ± 1,12	7,06 ± 1,72
Sumbu tubuh		
<i>Ossa vertebrae cervicales</i>	36,78 ± 3,30 ^A	45,25 ± 6,18 ^B
<i>Ossa vertebrae thoracicae</i>	50,00 ± 3,46 ^A	33,44 ± 3,68 ^B
<i>Ossa vertebrae lumbales</i>	23,88 ± 5,47	25,75 ± 3,69
<i>Os sacrum</i>	13,25 ± 2,31 ^a	15,50 ± 1,71 ^b

Keterangan : Huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menyatakan adanya perbedaan nyata antar perlakuan (P<0,05), huruf kapital superskrip menyatakan perbedaan sangat nyata (P<0,01).

bandingkan dengan sapi Bali. Kondisi ini menjelaskan bahwa ukuran kerangka sapi PO lebih besar dibandingkan sapi Bali. Dengan ukuran kerangka yang lebih besar, maka bobot dewasa sapi PO akan lebih besar dibandingkan sapi Bali. Namun dalam dada kedua sapi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata sehingga meskipun memiliki ukuran kerangka yang lebih besar tetapi sapi PO memiliki ukuran dinding tubuh yang sebanding dengan sapi Bali. Ternak yang memiliki persentase ukuran dinding tubuh yang lebih besar akan menghasilkan persentase karkas yang lebih tinggi (Tulloh 1978). Kondisi ini memberikan asumsi bahwa kemungkinan persentase karkas sapi Bali akan lebih tinggi dibandingkan sapi PO. Ukuran kerangka berbanding lurus dengan luas permukaan tubuh (Scanes 2003). Ternak yang memiliki luas permukaan tubuh lebih besar akan lebih sensitif terhadap paparan panas dan mudah mengalami dehidrasi (Lawrence 2002).

Ukuran alat gerak depan menunjukkan bahwa sapi Bali memiliki ukuran tulang Radius-Ulna yang lebih panjang ($P < 0,05$) dibandingkan sapi PO. Hal ini memberikan asumsi deposisi per daging di daerah Radius-Ulna, terutama daging shank akan lebih banyak terdepositasi pada sapi Bali dibandingkan sapi PO. Tulang metacarpal dan palang pada sapi PO lebih panjang dibandingkan sapi Bali. Hal ini memberikan asumsi bahwa bagian non karkas kaki depan pada sapi PO akan lebih berat dibandingkan sapi Bali (Karnuah *et al.* 2001).

Ukuran alat gerak belakang menunjukkan sapi PO memiliki ukuran tulang Tibia-Fibula dan Metatarsal yang lebih panjang ($P < 0,05$) dibandingkan sapi Bali. Kondisi ini dapat diasumsikan bahwa sapi PO akan menghasilkan persentase daging shank belakang yang lebih banyak daripada sapi Bali tetapi bagian non karkas kaki belakang juga akan lebih besar. Ukuran tulang pada alat gerak berbanding lurus dengan deposit per daging pada sistem pemeliharaan yang sama (Butterfield 1963)

Kondisi ini juga memberikan gambaran kemampuan jelajah pada sapi PO lebih baik dibandingkan sapi Bali. Hasil ini memberikan informasi yang cukup menarik terkait dengan tingkah laku dan kemampuan ternak di padang penggembalaan. Ukuran tulang *Ossa metacarpale* dan *metatarsale* sangat berpengaruh terhadap kemampuan jelajah sapi (Schmidt-Nielsen 1984). Ternak tipe penjelajah memiliki ukuran kaki yang panjang, rasio dalam dada terhadap tinggi badan kurang dari 50% dengan luas permukaan tubuh yang relatif kecil (Brody 1945). Sapi Bali memiliki persentase karkas yang tinggi tetapi kurang sesuai untuk dipelihara pada sistem pemeliharaan ekstensif, sehingga untuk peternakan rakyat disarankan pemeliharaan sapi Bali dilakukan secara intensif atau semi intensif. Sapi PO memiliki persentase karkas yang lebih rendah tetapi sangat adaptif dalam pemeliharaan semi intensif hingga ekstensif.

Ukuran sumbu tubuh menunjukkan bahwa tulang leher sapi PO lebih panjang ($P < 0,01$) dibandingkan sapi Bali, tetapi tulang punggung sapi Bali lebih

panjang ($P < 0,01$) dibandingkan sapi PO. Leher merupakan penyeimbang ketika ternak bergerak terutama pada saat berlari (Smuts & le Roux 1976). Hal ini dapat diasumsikan bahwa persentase daging *chuck* pada sapi PO akan lebih banyak, tetapi daging *cube roll* pada sapi Bali akan lebih besar (Hollo' *et al.* 1997). Per dagingan pada tulang *Ossa vertebrae thoracicae* dan *lumbales* tergolong dalam *expensive muscle group* yang memiliki harga tertinggi (Butterfield & May 1966). Tulang sacrum pada sapi PO lebih panjang ($P < 0,05$) dibandingkan sapi Bali. Hal ini dapat diasumsikan bahwa produksi daging rump pada PO akan lebih besar dibandingkan pada sapi Bali. Tulang sacrum juga menjadi penilai penting dalam kemampuan reproduksi suatu ternak (Wiltbank 1983). Sapi Bali memiliki potensi deposit yang bagus pada area sumbu tubuh sedangkan sapi PO memiliki potensi deposit per dagingan yang bagus pada area alat gerak. Per dagingan pada sumbu tubuh memiliki struktur yang lebih halus sehingga secara kualitas per dagingan lebih baik, sedangkan per dagingan pada alat gerak memiliki jaringan ikat yang lebih tinggi dengan kuantitas per dagingan yang lebih besar (Lister 1980).

KESIMPULAN

Penggunaan analisis citra digital dalam metode pengukuran morfometrik ternak dapat digunakan dalam penelitian ilmiah dengan akurasi data yang cukup baik serta dapat memberikan data yang lebih lengkap dan rinci mengenai performa ternak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sapi Bali memiliki potensi deposit per dagingan yang bagus pada area sumbu tubuh sedangkan sapi PO memiliki potensi deposit per dagingan yang bagus pada area alat gerak.

DAFTAR PUSTAKA

- Berg RT, Butterfield RM. 1976. *New Concept of Cattle Growth*. Sydney Univ Press (AU).
- Bewley JM, Peacock AM, Lewis O, Boyce RE, Roberts DJ, Coffey MP, Kenyon SJ, Schutz MM. 2008. Potential for estimation of body condition scores in dairy cattle from digital images. *Journal of Dairy Science*. 91(9): 3439–3453. <http://doi.org/bzrrtx>
- Brody S. 1945. *Bioenergetics and Growth*. New York (US): Reinhold Publishing Corporation.
- Budras K-D, Habel RE. 2003. *Bovine Anatomy, An Illustrated Text 1st Edition*. Hannover (DE): Schlütersche GmbH & Co.
- Butterfield RM. 1963. Estimation of Carcass Composition. The Anatomical Approach. Symposium on Carcass Composition and Appraisal of Meat Animals. 4-1–4-14.

- Butterfield RM, May NDS. 1966. *Muscle of the Ox*. St Lucia (AU): University of Queensland Press.
- Calder WA. 1984. *Size, Function and Life History*. Cambridge, Mass (US): Harvard University Press.
- Hanifah KA. 1991. *Rancangan Percobaan: Teori dan Aplikasi*. Cetakan ke-5. Jakarta (ID): PT. Raja Grafindo Persada.
- Hollo´ I, Szucs E, Tozser G, Hollo P, Rozsahegyi, Repa I. 1997. Modeling of estimated carcass values in cattle by X-ray computer tomography. *Journal of Animal Science*. 75(Suppl. 1 155).
- Karnuah AB, Moriya K, Nakanishi N, Nade T, Mitsuhashi T, Sasaki Y. 2001. Computer image analysis for prediction of carcass composition from carcass-section of Japanese Black steers. *Journal of Animal Science*. 79(11): 2851–2856.
- Lawrence TLJ. 2002. *Growth of Farm Animal Second Edition*. Liverpool (GB): CABI Publishing. <http://doi.org/cm7z88>
- Lister D. 1980. *Growth and meat quality in animals*. P. 287–295. In: *Growth In Animals*. Lawrences TLJ (editor). Butterworths. <http://doi.org/bfd7>
- Marcus LF. 1990. Chapter 4. Traditional morphometrics. In *Proceedings of the Michigan Morphometric Workshop*. Special Publication No. 2. Rohlf FJ, Bookstein FL. Ann Arbor MI, The University of Michigan Museum of Zoology: 77–122.
- Ozkaya S. 2012. Accuracy of body measurements using digital image analysis in female Holstein calves. *Animal Production Science*. 52(10): 917–920. <http://doi.org/bfdp>
- Scanes CG. 2003. *Biology of Growth of Domestic Animal*. Iowa (US): Iowa State Press.
- Schmidt-Nielsen K. 1984. *Scaling: Why is Animal Size so Important?*. Cambridge (GB): Cambridge University Press.
- Smuts MMS, le Roux JMW. 1976. Areas of muscular attachment and their correlation with foraminous area of cervical vertebrae of the ox (*Bos taurus* L.). *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 5(3): 253–266. <http://doi.org/fv6ftb>
- Steel RGD, Torrie JH. 1991. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Terjemahan Bambang S. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama.
- Tulloh NM. 1978. Growth, development, body composition, breeding and management. In. Bowker WAT, Dumsday RG, Frisch JF, Swan RA, Tulloh NM (Ed.). A.A.U.C.S., Australian Vice-Chancellor's Committee. Brisbane (AU): Academy Press Pty Ltd.
- Wiltbank JN. 1983. Maintenance of a high level of reproductive performance in the beef cow herd. *Veterinary Clinics of North America. Large animal practice*. 5(1): 41–57.
- World Associatin of Veterinary Anatomist. 2005. *Nomina Anatomica Veterinaria* 5th edition. Editorial Committee. Hannover.