

ESTIMASI SKOR MARBLING DAN LEMAK INTRAMUSKULAR SAPI BALI DAN SAPI SUMBA ONGOLE MENGGUNAKAN PROGRAM IMAGEJ PADA CITRA ULTRASONOGRAFI

Estimates of Marbling Score and Intramuscular Fat of Bali Cattle and Sumba Ongole Cattle Using ImageJ Program on Ultrasound Image

Mokhamad Fakhrol Ulum^{1*}, Alif Prisetiadi², Fitra Aji Pamungkas³, Jakaria⁴

¹Divisi Reproduksi dan Kebidanan, Sekolah Kedokteran Hewan dan Biomedis, IPB University, Bogor, Indonesia

²Program Studi Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan, IPB University, Bogor, Indonesia

³Pusat Riset Peternakan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Cibinong Science Center, Bogor, Indonesia

⁴Laboratorium Genetika Molekuler, Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan, IPB University, Bogor, Indonesia

*Corresponding Author: ulum@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

This research aimed to estimate the marbling score and intramuscular fat using the ImageJ program on ultrasound images of Bali and Sumba Ongole cattle. Twelve heads of female cattle were divided into two groups: six heads of Bali cattle aged two years and six heads of Sumba Ongole cattle aged 3 to 4 years. The parameters are measured as intramuscular fat percentage and marble score. Carcass quality measurements were applied with ultrasound imaging in the longissimus dorsi muscle. Data were analyzed with ImageJ and then analyzed with regression to know the equations used. The result showed that R² is 92.06%, which means the regression model can be an accurate analysis. A marbling score of Bali cattle was 1.51-1.53, and the Sumba Ongole was 2.06-2.28. The differences were influenced by breed and age. Intramuscular fat increased when the marbling score was rising. In conclusion, ImageJ software with ultrasound imaging method could be used to estimate Bali cattle and Sumba Ongole cattle's marbling score and intramuscular fat, with the region of interest used in ImageJ being 30 mm x 30 mm.

Keywords: Bali cattle, Sumba Ongole cattle, ultrasonography image, marbling score, intramuscular fat

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan skor *marbling* dan lemak intramuskular menggunakan program ImageJ pada citra ultrasonografi sapi Bali dan Sumba Ongole. Dua belas ekor sapi betina dibagi menjadi dua kelompok, yaitu enam ekor sapi Bali umur dua tahun dan enam ekor sapi Sumba Ongole umur 3 sampai 4 tahun. Parameter diukur sebagai persentase lemak intramuskular dan skor marmer. Pengukuran kualitas karkas dilakukan dengan pencitraan ultrasonografi pada otot *longissimus dorsi*. Data dianalisis dengan ImageJ kemudian dianalisis dengan regresi untuk mengetahui persamaan yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan R² sebesar 92,06% yang berarti model regresi dapat digunakan sebagai analisis yang akurat. Skor *marbling* sapi Bali 1,51-1,53, dan sapi Sumba Ongole 2,06-2,28. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh ras dan umur. Lemak intramuskular meningkat ketika skor *marbling* meningkat. Kesimpulannya, software ImageJ dengan metode pencitraan USG dapat digunakan untuk memperkirakan skor *marbling* dan lemak intramuskular sapi Bali dan sapi Sumba Ongole, dengan region of interest yang digunakan pada ImageJ adalah 30 mm x 30 mm.

Kata kunci: sapi Bali, sapi Sumba Ongole, citra ultrasonografi, skor *marbling*, lemak intramuskuler

PENDAHULUAN

Skor *marbling* adalah salah satu faktor untuk menentukan kualitas daging yang dilakukan melalui penilaian butiran lemak intramuskular berwarna putih dan tersebar di dalam jaringan otot atau daging (Badan Standarisasi Nasional 2008). Penentuan kualitas *marbling* pada umumnya menggunakan metode skor *marbling*. Pengukuran skor *marbling* masih menggunakan pendugaan yang bersifat subyektif. Pengukuran dilakukan dengan mencocokkan daging pada kertas skor *marbling* (Stewart *et al.*, 2021).

Estimasi skor *marbling* dan lemak intramuskular dapat dilakukan melalui dua cara yaitu dalam keadaan ternak sudah dipotong dan ternak hidup. Pengukuran ternak yang masih hidup dilakukan dengan ultrasonografi (USG) (RVS *et al.*, 2024). Pengukuran kualitas daging menggunakan USG dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif (Khairunnisa *et al.*, 2021). Pengukuran kualitatif dari citra ultrasonografi akurasi masih kurang baik dan subyektif sehingga perlu dilakukan pengukuran secara kuantitatif. Pengukuran secara kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ImageJ. ImageJ adalah perangkat lunak berbasis java yang digunakan untuk pengolahan gambar digital ciptaan peneliti di *Research Service Branch*. ImageJ ini telah banyak dimanfaatkan untuk analisis gambar digital dalam berbagai bidang, termasuk bidang kesehatan, teknik, biologi, dan lainnya (Rueden *et al.*, 2017).

Penelitian ini menggunakan dua bangsa sapi yang berbeda yaitu sapi Bali dan sapi Sumba Ongole (SO). Sapi Bali merupakan sapi hasil domestikasi banteng liar asli Indonesia (Sudrajad *et al.* 2020). Ciri khas sapi Bali adalah memiliki rambut tipis berwarna coklat kekuningan hingga seperti bata merah, memiliki garis hitam pada punggung, postur tubuh yang kecil, pada jantan dewasa warna rambut

ini akan berubah menjadi lebih gelap berwarna coklat kehitaman, kaki bagian bawah dan bibir bawah berwarna putih serta tepi daun telinga bagian dalam berwarna putih (Widyas *et al.*, 2022)-

Persentase karkas sapi Bali mencapai 53–56% (Hafid *et al.*, 2019); persentase kelahiran tinggi, kemampuan reproduksi yang tinggi, dan mampu beradaptasi dengan mudah pada suatu lingkungan sehingga sangat berpotensi untuk dikembangkan. Selain sapi Bali, terdapat sapi lokal yang memiliki kemampuan penghasil daging yaitu sapi Sumba Ongole.

Sapi SO secara umum memiliki karakter fisik yang tidak berbeda dengan sapi Ongole tetuanya yaitu memiliki kulit berwarna putih, biasanya pada bagian kepala, leher, dan punggung berwarna abu-abu pada jantan yang telah dewasa. Warna kulit menyeluruh merah atau merah berlapis putih terkadang dapat juga ditemukan (Widyas *et al.*, 2022)-Keunggulan sapi SO yaitu mampu mengkonversi pakan sebesar 1.29 kg ekor⁻¹ hari⁻¹ (Bata *et al.* 2021). Persentase karkas sapi Bali antara 52,72–57.59% lebih tinggi daripada sapi SO sebesar 55,25% (Hafid *et al.* 2019). Priyanto *et al.* (2015) menyatakan nilai *marbling* skor pada sapi SO berkisar 2-3.

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi skor *marbling* (SM) dan lemak intramuskular (LIM) pada sapi Bali dan sapi Sumba Ongole dari citra ultrasonografi menggunakan perangkat lunak ImageJ. Ruang lingkup penelitian ini meliputi SM, LIM, dan perangkat lunak ImageJ. Peubah yang diamati yaitu persentase LIM dan SM pada otot *longissimus dorsi*.

MATERI DAN METODE

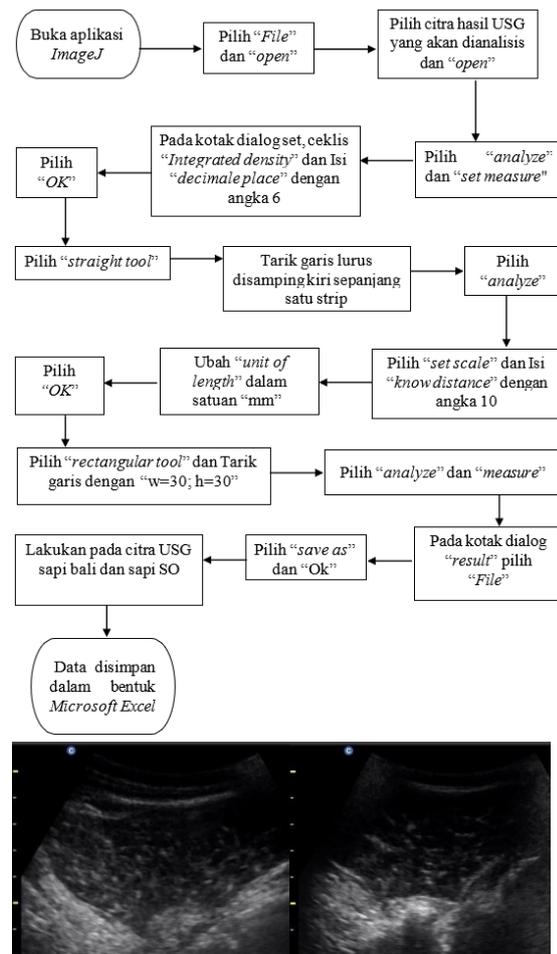
Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder 6 ekor sapi Bali betina berumur 2 tahun, 6 ekor sapi SO betina berumur 3–4 tahun, dan

data citra ultrasonografi. Peralatan yang digunakan yaitu komputer yang telah dilengkapi dengan program ImageJ, Microsoft Excel, Corel Photo Paint X7, dan program Minitab17.

Estimasi Skor *Marbling*

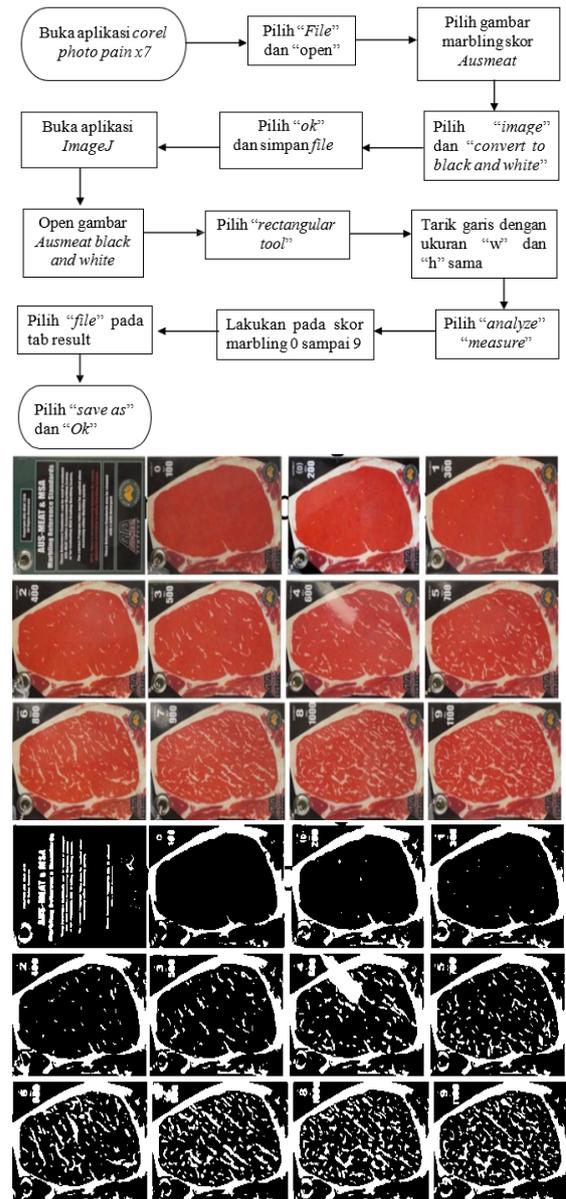
Langkah-langkah estimasi SM dapat dilihat pada Gambar 1. Pengukuran estimasi SM dilakukan menggunakan software ImageJ dan data yang didapatkan disimpan dalam bentuk Microsoft Excel. Pengukuran estimasi SM menggunakan *region of interest* (ROI) 15 mm x 15 mm, 30 mm x 30 mm, dan 45 mm x 30 mm. Data sekunder yang diperoleh ditabulasikan berdasarkan bangsa yaitu sapi Bali dan sapi SO.



Gambar 1. Langkah-langkah estimasi skor *marbling* dengan ImageJ dan menyimpan data hasil pengukuran pada Program Microsoft Excel dari citra ultrasonografi.

Penentuan Referensi Pembanding

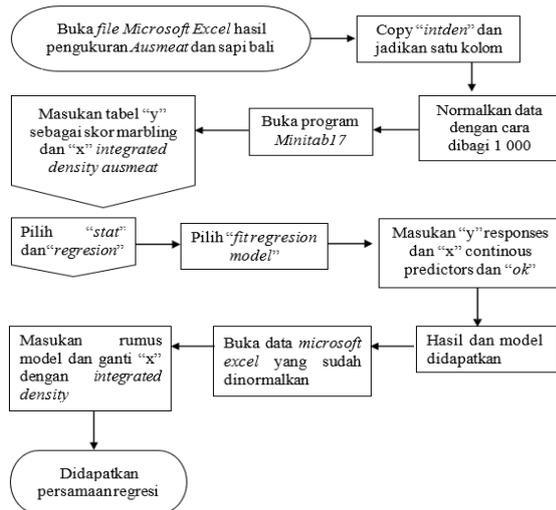
Penentuan SM dan persentase LIM sapi Bali dan SO berdasarkan *Australian Mea (Ausmeat)t marbling reference standards* yang sudah diubah menjadi gambar hitam putih menggunakan corel photo paint x7, dan dianalisis menggunakan program ImageJ. Langkah-langkah penentuan referensi pembanding dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Langkah-langkah penentuan referensi pembanding skor *marbling* dan presentase lemak intramuskular menggunakan Program Corel Photo Paint X7.

Penentuan Model Regresi

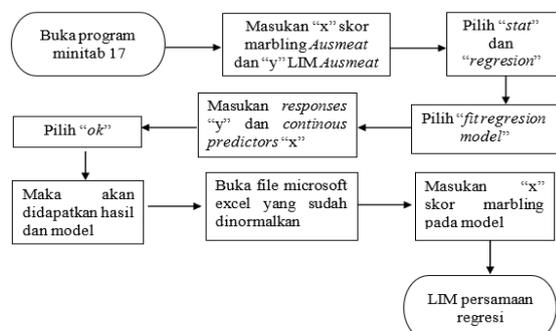
Integrated density dan *SM reference standard* dianalisis regresi menggunakan Minitab17 untuk menghasilkan model regresi yang selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk menentukan SM pada sapi Bali dan SO. Langkah-langkah dapat dilihat pada diagram alir (Gambar 3):



Gambar 3. Langkah-langkah penentuan model regresi skor *marbling* menggunakan Program Minitab17 dan Microsoft Excel.

Penentuan Persentase LIM

Skor *marbling* dan LIM *Ausmeat* dianalisis regresi menggunakan Minitab17 untuk menghasilkan model regresi yang selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk menentukan LIM sapi Bali dan SO. Langkah-langkah penentuan persentase LIM dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Langkah-langkah penentuan persentase lemak intramuskular menggunakan Program Minitab17.

Analisis Data

Penentuan kualitas daging dengan pencitraan ultrasonografi dianalisis berdasarkan hasil pencitraan ultrasonografi menggunakan perangkat lunak ImageJ. Selanjutnya hasil pengukuran citra ultrasonografi dari perangkat lunak ImageJ dianalisis regresi menggunakan program Minitab17 untuk mengetahui persamaan yang akan digunakan. Model matematika menurut (Walpole, 1993) yang digunakan adalah:

$$y = a + bx \quad (1)$$

Keterangan:

y = Skor *marbling* (peubah tetap);
 x = *Integrated density* (peubah bebas);
 a = Titik potong garis dengan sumbu y ;
 b = kemiringan garis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Regresi SM dan LIM

Berdasarkan hasil analisis regresi pada sapi Bali dan sapi SO menggunakan Minitab17 didapatkan persamaan model $y = 0.844 + 0.03646 x$. Persamaan regresi didapatkan dengan memasukkan y (SM *Ausmeat*) sebagai responses dan x (*integrated density Ausmeat*) sebagai *continues predictors*. Persamaan yang didapat selanjutnya dijadikan sebagai acuan untuk mencari skor *marbling* pada sapi Bali dan sapi SO dengan memasukkan *integrated density* ke dalam persamaan tersebut.

Persamaan untuk regresi LIM adalah $y = -1.054 + 2.4577 x$. Persamaan regresi didapatkan dengan memasukkan y (LIM *Ausmeat*) sebagai responses dan x (SM *Ausmeat*) sebagai *continues predictors*. Persamaan yang didapat selanjutnya dijadikan sebagai acuan untuk mencari LIM pada sapi Bali dan sapi SO dengan memasukkan SM ke dalam persamaan tersebut. Koefisien determinasi atau R^2 digunakan untuk mengetahui derajat variabel x mampu secara komprehensif menjelaskan

variabel y . Semakin kecil nilai R^2 menunjukkan semakin kecil variabel y dapat dijelaskan oleh variabel x .

Hasil R^2 pada analisis regresi SM diperoleh nilai sebesar 92.06, hal ini menunjukkan bahwa memiliki proporsi pengaruh *integrated density* terhadap SM sebesar 92.06%. Hasil R^2 pada analisis regresi LIM diperoleh nilai sebesar 98.83, hal ini berarti bahwa SM memiliki proporsi pengaruh terhadap LIM sebesar 98.83%. Data tersebut menunjukkan bahwa model regresi dapat dipakai sebagai alat analisis yang akurat. Sesuai dengan pernyataan Chicco *et al.* (2021) bahwa suatu model dapat dikatakan baik jika nilai R^2 mendekati 100%, atau dalam arti lain model yang didapat memiliki keterandalan (layak) untuk menjelaskan pengaruh *integrated density* terhadap SM dan pengaruh SM terhadap LIM.

Estimasi SM dan LIM

Pencitraan ultrasonografi dapat digunakan dalam pengukuran kualitas daging dan lemak pada ternak yang masih hidup seperti halnya pada penentuan SM dan persentase LIM (Gupta *et al.*, 2013). Metode ultrasonografi ini termasuk metode sederhana namun efektif, cepat, dan hasilnya akurat dalam penentuan komposisi karkas sapi hidup (Fiore *et al.*, 2020). Rataan dan standar deviasi SM serta persentase LIM pada sapi Bali dan sapi SO dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai SM longissimus dorsi transversal sapi Bali lebih kecil yaitu

1.51±0.42 daripada sapi SO, LIM lebih besar pada sapi SO yaitu sebesar 4.00±0.79 (Tabel 1). Rataan nilai SM longissimus dorsi longitudinal pada sapi Bali lebih rendah yaitu 1.53±0.18 daripada sapi SO, sedangkan pada LIM lebih besar pada sapi SO yaitu 4.56±0.98. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai SM pada sapi Bali berkisar 1.51-1.53, sedangkan pada sapi SO berkisar 2.06-2.28. Menurut Jakaria *et al.* (2017) nilai SM sapi Bali berkisar 1.92±1.19 pada umur 1 tahun, sedangkan pada umur 3 tahun sebesar 4.50±1.05. Sedangkan menurut Priyanto *et al.* (2015) nilai SM pada sapi SO berkisar 2-3. Persentase LIM pada sapi SO lebih tinggi daripada sapi Bali. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh umur ternak. Menurut Jakaria *et al.* (2017) kualitas karkas dapat dipengaruhi oleh bangsa, jenis kelamin, umur, lingkungan, dan metode pengukuran. Perbedaan metode pengukuran dan bangsa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan nilai SM dan skor LIM. Perbedaan tersebut disebabkan adanya perbedaan umur, jenis kelamin, dan metode yang digunakan. Metode pengukuran SM dan LIM dibedakan menjadi 2 yaitu metode aktual dan estimasi. Metode aktual dilakukan pada ternak dalam keadaan sudah dipotong, sedangkan metode estimasi dilakukan pada ternak saat masih hidup. Secara estimasi dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan metode kualitatif dan kuantitatif.

Tabel 1. Rataan estimasi SM dan persentase LIM pada sapi Bali dan sapi SO betina dari citra ultrasonografi

Variabel	Sapi Bali		Sapi SO	
	SM	LIM (%)	SM	LIM (%)
Longissimus Dorsi Transversal	1.51 ± 0.42	2.65 ± 1.03	2.06 ± 0.32	4.00 ± 0.79
Longissimus Dorsi Longitudinal	1.53 ± 0.18	2.72 ± 0.98	2.28 ± 0.40	4.56 ± 0.98

Keterangan: SM = Skor *marbling*; LIM = Lemak Intramuskular; SO = Sumba Ongole.

Tabel 2. Perbandingan metode pengukuran SM dan LIM pada sapi Bali dan sapi SO secara aktual dan prediksi melalui citra ultrasonografi otot longissimus dorsi.

Bangsa Sapi	Metode		Jenis Kelamin	Skor <i>Marbling</i>	LIM (%)	Umur (tahun)
Bali	Aktual	Potong	Jantan	3.91 ^c	2.65 ^d	1.5-2.0 ^c
	Estimasi	Kualitatif	Jantan	2.65 ^b	4.03 ^b	1.0 ^b
		Kuantitatif	Betina	1.52	2.68	2.0
SO	Aktual	Potong	Jantan	2.0-3.0 ^a	-	2.0-2.5 ^a
	Estimasi	Kualitatif	-	-	-	-
		Kuantitatif	Betina	2.17	4.28	2.0

Keterangan: a: Priyanto et al. 2015; b: Jakaria et al. 2017; c: Suryanto 2017; d: Suryanto 2014

Metode aktual memiliki keunggulan berupa nilai SM dan LIM yang didapatkan lebih nyata karena pengamatan dilakukan secara langsung dengan membandingkan warna daging dan kertas SM. Namun metode aktual masih memiliki kekurangan dimana penilaiannya masih menggunakan pendugaan yang bersifat subyektif. Selain itu, ternak yang digunakan harus dipotong sehingga tidak dapat digunakan dalam proses seleksi dalam ilmu pemuliaan dan genetika ternak.

Metode estimasi memiliki keunggulan yaitu ternak yang digunakan masih hidup sehingga bisa digunakan sebagai proses seleksi bibit. Metode kualitatif masih memiliki kekurangan yaitu hasil yang didapatkan akurasiya masih kurang karena perhitungan dilakukan secara manual jadi hasil yang didapatkan tergantung kepada ketelitian individu. Metode kuantitatif memiliki

ketepatan yang tinggi dan lebih efisien karena hasil yang didapatkan dalam bentuk angka dan tidak dilakukan penghitungan ulang.

Region of interest adalah sebuah area persegi atau persegi panjang yang ditarik pada suatu gambar untuk estimasi nilai lemak intramuskular. ROI merupakan langkah yang sangat penting pada *preprocessing mode* suatu gambar (Deaton dan Rause, 2000). Nilai SM dan LIM pada berbagai ukuran ROI disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa ukuran ROI akan mempengaruhi hasil nilai SM dan LIM. *Region of interest* dengan ukuran 15 mm x 15 mm menghasilkan nilai SM dan LIM lebih rendah daripada ukuran 30 mm x 30 mm maupun 45 mm x 45 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi ROI yang digunakan akan semakin besar nilai SM dan LIM.

Tabel 3. Nilai SM dan LIM pada luas ROI dari citra ultrasonografi otot longissimus dorsi sapi Bali dan sapi SO

Ukuran ROI panjang x lebar (mm)	Variabel	Sapi Bali		Sapi SO	
		SM	LIM (%)	SM	LIM (%)
15 x 15	LDT	1.04 ± 0.07	1.51 ± 0.16	1.08 ± 0.07	1.61 ± 0.18
	LDL	1.03 ± 0.03	1.48 ± 0.08	1.10 ± 0.07	1.65 ± 0.17
30 x 30	LDT	1.51 ± 0.42	2.65 ± 1.03	2.06 ± 0.32	4.00 ± 0.79
	LDL	1.53 ± 0.18	2.72 ± 0.98	2.28 ± 0.40	4.56 ± 0.98
45 x 30	LDT	1.95 ± 0.66	3.74 ± 1.63	2.75 ± 0.56	5.71 ± 1.38
	LDL	2.31 ± 0.35	4.64 ± 0.87	2.89 ± 0.62	6.04 ± 1.53

Keterangan: ROI = *region of interest*; SM = Skor *marbling*; LIM = Lemak Intramuskular; LDT = Longissimus Dorsi Transversal; LDL = Longissimus dorsi Longitudinal

Pertambahan umur sapi akan menyebabkan pertumbuhan yang ditandai dengan penambahan bobot organ, pertumbuhan tulang, dan pertumbuhan otot atau karkas (Hafid *et al.*, 2019). Hal tersebut mengakibatkan penggunaan ukuran ROI harus disesuaikan dengan umur ternak dan ukuran tubuh ternak. Penggunaan ROI 30 mm x 30 mm dapat dilakukan pada sapi umur 1–2 tahun (Khasanah, 2016)

KESIMPULAN

Metode kuantitatif menggunakan program ImageJ memiliki ketepatan yang tinggi dan lebih efisien sehingga dapat digunakan untuk estimasi nilai SM dan LIM pada sapi Bali dan sapi SO. R^2 SM sebesar 92.06% dan R^2 LIM sebesar 98.83% yang berarti bahwa model regresi dapat dipakai sebagai alat analisis yang akurat. Skor *marbling* pada sapi Bali berkisar 1,51–1,53 dan sapi SO berkisar 2,06–2,28

Penentuan kualitas daging sapi Bali dan sapi Sumba Ongole pada pencitraan ultrasonografi menggunakan perangkat lunak ImageJ dapat dilanjutkan menggunakan jumlah sampel populasi sapi yang lebih banyak dan bangsa berbeda. Selain itu validasi melalui pengukuran langsung pada karkas ternak yang telah dipotong dapat dilakukan untuk mengetahui korelasi antara data aktual dengan data dugaan sehingga mendapatkan hasil yang lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pendanaan Risnov BRIN yang telah mendanai penelitian melalui Hibah Riset dan Inovasi untuk Indonesia Maju (RIIM) tahun 2022-2024 dengan nomor kontrak 3301/IT3.L1/PT.01.03/P/B/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 3932:2008 tentang Mutu Karkas dan Daging Sapi. Jakarta (ID): BSN.
- Bata, M., Rahayu, S., Rimbawanto, E.A. 2021. Nutrient digestibility, intake rate, and performance of Indonesian native cattle breeds fed rice straw ammoniation and concentrate. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 746(1): 012006.
- Chicco, D., Warrens, M.J., Jurman, G. 2021. The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. PeerJ Computer Science. 7:e623.
- Deaton, A.V.W., Rouse, G. 2000. USOFT: An ultrasound image analysis software for beef quality research. Beef research report. AS Leaflet R1437. IOWA (US): IOWA University.
- Fiore, E., Fabbri, G., Gallo, L., Morgante, M., Muraro, M., Boso, M., Giancesella, M. 2020. Application of texture analysis of b-mode ultrasound images for the quantification and prediction of intramuscular fat in living beef cattle: A methodological study. Research in veterinary science. 131:254-8.
- Gupta, S., Kumar, A., Kumar, S., Bhat, Z.F., Hakeem, H.R., Abrol, A.P.S. 2013. Recent trends in carcass evaluation techniques-a. [review] J Meat Sci Tech. 1:50-55.
- Hafid, H., Bain, H.A., Nasiu, F., Patriani, P., Ananda, S.H. 2019. Effect of fasting time before slaughtering on body weight loss and carcass

- percentage of Bali cattle. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 260(1): 012051.
- Jakaria, Khasanah, H., Priyanto, R., Baihaqi, M., Ulum, M.F. 2017. Prediction of quality in Bali cattle using ultrasound imaging. JITAA. 42(2):59-65.
- Khasanah, H. 2016. Kajian keragaman gen MYF5 dan MSTN serta asosiasinya terhadap sifat pertumbuhan dan perdagangan pada sapi Bali. [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Khairunnisa, S., Novelina, S., Hilmia, N., Hadi, D.N., Rahmat, D., Ulum, M.F. 2021. Ultrasound imaging to estimate carcass quality of pasundan cattle based on body condition score. JITV. 26(1):1-9
- Priyanto, R., Fuah, A.M., Aditia, E.L., Baihaqi, M., Ismail, M. 2015. Peningkatan produksi dan kualitas daging sapi lokal melalui penggemukan berbasis serelia pada taraf energi yang berbeda. JIPI. 20 (2):108-144.
- Rueden, C.T., Schindelin, J., Hiner, M.C., DeZonia, B.E., Walter, A.E., Arena, E.T., Eliceiri, K.W. 2017. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. BMC bioinformatics. 18:1-26.
- RVS, V., Isdoni, Tobing, A.S.P.L., Ulum, M.F. 2024. Estimasi kualitas karkas hidup pada kerbau rawa dan kerbau sungai dengan ultrasonografi pada berbagai umur. JIPHO (Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo) 6 (1), 13-23.
- Stewart, S.M., Gardner, G.E., McGilchrist, P., Pethick, D.W., Polkinghorne, R., Thompson, J.M., Tarr, G. 2021. Prediction of consumer palatability in beef using visual *marbling* scores and chemical intramuscular fat percentage. Meat Science. 181:108322.
- Sudrajad, P., Subiharta, S., Adinata, Y., Lathifah, A.I., Lee, J.H., Lenstra, J.A., Lee, S.H. 2020. An insight into the evolutionary history of Indonesian cattle assessed by whole genome data analysis. PLoS One. 15(11):e0241038.
- Suryanto, E., Bulkaini, Ashari, Karda, I.W. 2014. Carcass quality, *marbling* and cholesterol content of male Bali cattle fed fermented cocoa shell. JITAA. 39(4):249-255.
- Suryanto, E., Bulkaini, Soeparno, Karda, I.W. 2017. Kualitas karkas, *marbling*, kolesterol daging dan komponen non karkas sapi Bali yang diberi pakan kulit buah kakao fermentasi. Buletin Peternakan. 41(1):72-78.
- Walpole, R.E. 1993. Pengantar Statistika. Ed ke-3 (diterjemahkan dari: Introduction to Statistics 3rd Edition, penerjemah: B. Sumantri). Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.
- Widyas, N., Widi, T.S., Prastowo, S., Sumantri, I., Hayes, B.J., Burrow, H.M. 2022. Promoting sustainable utilization and genetic improvement of Indonesian local beef cattle breeds: a review. Agriculture. 12(10):1566.
- Yantika, S.M., Alamsyari, D., Evvyernie, D., Winaga, K. 2016. Performance, carcass production, and meat quality of Sumba Ongole bulls fed ration supplemented velvet bean (*Mucuna pruriens*). Media Peternakan. 39(1):20-26.