

APLIKASI PENGOLAHAN CITRA UNTUK ESTIMASI BOBOT BADAN TERNAK SAPI

Deddy B.Lasfeto¹, Adhi Susanto¹ dan Ali Agus²

INTISARI

Bobot badan ternak sapi dapat diperoleh dengan cara mengukur lingkaran dada dan panjang badan masing-masing ternak sapi tersebut, yang ternyata mempunyai hubungan yang linear. Penimbangan menggunakan timbangan mekanis masih memiliki kendala yang dihadapi dalam melakukan pembobotan badan ternak sapi. Untuk mendapatkan cara yang lebih praktis, bidang Teknologi Informasi dan Komputasi dapat diaplikasikan untuk membantu memberikan alternatif solusi atas permasalahan tersebut, dengan menggunakan pengolahan citra untuk mengetahui ukuran fisik tubuh ternak sapi yang tampak tersebut (lebar dada, dan panjang badan). Penelitian bidang pengolahan citra ini dikombinasikan dengan bidang peternakan yang telah menemukan hubungan antara ukuran-ukuran fisik tubuh ternak sapi yang tampak dengan bobot badan ternak sapi. Pengolahan citra dilakukan dengan proses segmentasi citra untuk memisahkan citra ternak sapi dari latar belakang dan menghilangkan obyek-obyek dalam citra yang bersifat pengganggu (*noise*), selanjutnya dilakukan proses identifikasi untuk mendapatkan ukuran panjang badan dan lebar dada ternak sapi. Setelah mendapatkan ukuran-ukuran tersebut, dilakukan proses komputasi untuk menghitung bobot badan ternak sapi tersebut. Untuk pengujiannya, dibandingkan dengan pengukuran secara langsung (*manual*) dengan menggunakan pita ukur. Ada tiga mode analisis citra yang dibangun yakni mode manual dengan memberikan titik pembentuk panjang badan dan lebar dada ternak sapi oleh operator, mode otomatis melalui segmentasi dan mode otomatis melalui ekspektasi maksimum dimana secara otomatis akan ditentukan titik pembentuk panjang badan dan lebar dada ternak sapi. Dengan ketiga mode ini akan dilakukan komputasi bobot berdasarkan rumus konversi yang ada. Hasil analisis dan pengujian menunjukkan bahwa ketiga mode pengolahan citra dapat dipergunakan untuk memprediksi bobot badan ternak sapi dimana panjang badan dan lebar dada ternak sapi hasil analisis pengolahan citra tidak berbeda dengan hasil pengukuran langsung, yaitu dengan faktor ketelitian secara statistis pada taraf signifikansi 5%.

(Kata kunci : Segmentasi warna, Ekspektasi maksimum, Komputasi bobot badan ternak Sapi)

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Jl. Teknik Utara, Yogyakarta.

²Faculty of Animal Science, Gadjah Mada University, Jl. Fauna No. 3, Bulaksumur, Yogyakarta.

THE APPLICATION OF IMAGE PROCESSING TO ESTIMATE BODY WEIGHT OF CATTLE

ABSTRACT

The live weight of cattle can be estimated by measuring chest diameter and body length of each cattle, which actually has linear relationship. Direct weighing by using electronical or manual balance is still having constraint in handling the animal. To find a method of measurement which is more practical, Information and Computation Technology could be applied to solving the problems, by using image processing to estimate the live weight of the animal. Image processing was done with segmentation process of image to dissociate cattle image from background and to eliminates the noises, then identification process was done to get body length and chest diameter. After getting the criteria, computing process was done to calculate the cattle body weight. For testing the result of this image analysis, the result is compared manual measurement by using measure ribbon. There were three image analysis modes built namely manual mode which giving point of body length and chest diameter of cattle which was done is by operator, automatic made through colour segmentation and automatic mode through maximum expectation where determining point of body length and chest diameter of cattle was done automatically by computer. All modes of image processing will be used to compute the weight based on the conversion formula. Results of the analysis and testing indicate that third of image processing mode can be utilized to estimate cattle body weight where body length and chest diameter result of image processing analysis does not differ from result of the manual measurement. This result has the correctness factor statistically at significant level 5%.

(Key words : Colour segmentation, Maximum expectation, Computation body weight of cattle)

Pendahuluan

Jual beli ternak sapi antara peternak dan pembeli yang sering dijumpai, masih berdasarkan perkiraan kasar dalam menentukan bobot badan. Harga disepakati umumnya lewat tawar-menawar pada hakekatnya bukan berdasarkan bobot badan. Selain itu pada pasar-pasar hewan resmi, fasilitas timbangan ternak sapi juga tidak selalu ada. Pada ternak sapi yang dijualbelikan antar pulau, penimbangan bobot badan dilakukan di karantina. Penjualan ternak sapi yang tidak melalui penimbangan terlebih dahulu dapat menimbulkan kerugian pada peternak ataupun pembeli. Manfaat lain jika peternak mengetahui bobot badan setiap ternak sapi menurut Mc.Nitt (1983) adalah untuk membantu dalam tata-laksana peternakan, seperti berapa banyak ransum

yang harus diberikan, waktu untuk ternak sapi dikawinkan, dan waktu yang tepat untuk dipasarkan.

Penimbangan menggunakan timbangan mekanis masih memiliki kendala yang dihadapi dalam melakukan pembobotan badan ternak sapi, yakni:

- Perlu penceraan alat ukur yang tepat sehingga dapat mengetahui bobot ternak sapi yang sebenarnya;
- Bila ternak sapi dipaksakan untuk menaiki timbangan maka kondisi *stress* sapi juga dapat mempengaruhi, lagipula ternak sapi yang menaiki timbangan dan tidak berada pada posisi yang tetap dan tidak bergerak-gerak juga dapat mempengaruhi pembacaan nilai sebenarnya pada penunjukan alat ukur;
- Perlu mengarahkan ternak sapi untuk menaiki timbangan yang disediakan, hal

ini juga memerlukan bantuan manusia yang cukup besar;

- Penimbangan ternak sapi yang dilakukan secara mekanis, yang umumnya mengakibatkan ternak sapi mengalami *stress*, dapat menurunkan berat badan ternak sapi ($\pm 2\%$), disamping faktor lain, seperti kemungkinan luka-luka akibat gesekan pembatas kandang.

Di bidang perdagangan dalam jumlah besar, telah diakui bahwa bobot badan ternak sapi dapat diperoleh dengan cara mengukur lingkaran dada dan panjang badan masing-masing ternak sapi tersebut, yang ternyata mempunyai hubungan yang linear. Soenarjo (1988), menyatakan bahwa antara besar lingkaran dada dengan bobot badan ternak sapi terdapat korelasi yang positif. Selain itu, penentuan bobot badan ternak sapi juga dapat digunakan untuk menghitung berat karkas pada ternak sapi, tetapi pengukuran secara langsung lingkaran dada dan panjang badan masih mengandung kerepotan juga.

Untuk mendapatkan cara yang lebih praktis, bidang Teknologi Informasi dan Komputasi dapat diaplikasikan untuk membantu memberikan alternatif solusi atas permasalahan tersebut, dengan menggunakan pengolahan citra untuk mengetahui ukuran fisik tubuh ternak sapi yang tampak tersebut (lebar dada, dan panjang badan). Penelitian bidang pengolahan citra ini dikombinasikan dengan bidang peternakan telah menemukan hubungan antara ukuran-ukuran fisik tubuh ternak sapi yang tampak dengan bobot badan ternak sapi, sehingga penulis tertarik mengangkat judul penelitian "Aplikasi Pengolahan Citra untuk Estimasi Bobot Badan Ternak Sapi", untuk memahami secara mendalam hal-hal yang bersifat teknis dan praktis yang terkait.

Tinjauan pustaka

Beberapa hasil penelitian di bidang peternakan, khususnya pada peternakan sapi potong, merumuskan bahwa penentuan bobot badan ternak dapat dilakukan dengan cara mengukur lingkaran dada dan panjang badan ternak tersebut. Antara panjang badan, lingkaran

dada, dan bobot badan ternak mempunyai hubungan yang linear (Mc Nitt, 1983). Menurut Soenarjo (1988), antara besar lingkaran dada dan bobot badan ternak terdapat korelasi yang positif. Hal ini menunjukkan bahwa bila telah diketahui ukuran-ukuran tubuh ternak maka dapat dibuat suatu persamaan yang menggambarkan hubungan antara masing-masing ukuran linear tubuh dengan bobot badannya.

Ensminger dan Olentine (1980), mengungkapkan cara penentuan bobot badan sapi potong, seperti pada Gambar 1 berikut yakni:

- 1) mengukur lebar dada (LD), dari titik di belakang tulang belikat (c), ke bawah melingkari bawah tubuh, di belakang siku (d);
- 2) mengukur panjang badan (PB), yakni panjang dari titik bahu ke tulang duduk (*pin bone*), yaitu dari titik a ke titik b.

Menurut Schoorl yang ditulis oleh Siregar (2007), konversi ukuran fisik tubuh yang tampak ke berat badan ternak sapi adalah (rumus pengukuran ini berlaku untuk sapi potong dewasa):

$$\text{Berat badan} = \frac{(\text{Lebar dada} + 22)^2}{100}$$

Berat badan = kg

Lebar dada = cm

Panjang badan = cm

Menurut Soeprapto, et al. (2006), bobot badan ternak sapi dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Berat badan} = \frac{\text{Panjang badan} + (\text{lingkar dada})^2}{10840}$$

Berat sapi = kg

Panjang badan = cm

Lingkar dada = cm

Semua hasil penelitian ini menunjukkan bahwa panjang badan dan lebar dada dapat digunakan untuk menghitung bobot badan ternak sapi. Hal ini menjadi acuan bahwa dalam penelitian ini, mendapatkan ukuran panjang badan dan lebar

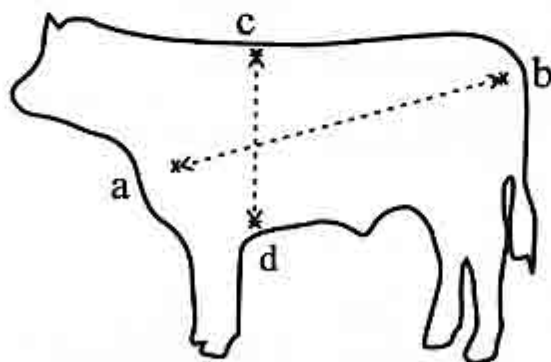
dada dari ternak sapi merupakan hal pokok yang harus dicapai dalam pengolahan citranya.

Untuk membandingkan dengan bobot badan hasil timbangan mekanis, telah ditemukan nilai bias rumus estimasi di atas. Menurut Soeprapto dan Abidin (2006), pendugaan berat badan dengan rumus schoorl memiliki angka bias 5-10%. Demikian pula menurut Siregar (2007) yang menyatakan bahwa dibandingkan dengan rumus-rumus lainnya untuk prakiraan bobot badan ternak sapi, rumus Schoorl lebih mendekati kebenaran. Penelitian ini mengacu pada rumus konversi tersebut, dengan demikian dalam penentuan bobot badan ternak sapi, sistem sistem pengolahan citra yang dibangun ini memiliki bias 5-10%.

Segmentasi citra. Dengan segmentasi yang efektif, kemungkinan besar akan didapatkan hasil yang baik. Algoritma segmentasi untuk citra *monochrome* biasanya berdasarkan satu dari dua sifat nilai *gray-level*: diskontinuitas dan similaritas. Pada diskontinuitas, pendekatan yang dilakukan adalah memisahkan citra berdasarkan terjadinya perubahan nilai *gray-level* yang drastis. Sebaliknya pada similaritas, pendekatan dilakukan berdasarkan *thresholding*, *region growing*, *region splitting*, dan *merging*.

Representasi citra. Representasi citra berkaitan dengan karakterisasi kuantitas yang diwakili oleh setiap piksel. Citra dapat menyatakan luminans obyek (misalnya pada gambar yang diambil dengan kamera), sifat penyerapan oleh jaringan tubuh (pencitraan sinar X), profil suhu (pencitraan inframerah) dan lain-lain. Secara umum, citra didefinisikan sebagai suatu fungsi kontinu atas intensitas cahaya $f(x,y)$ dalam bidang dua-dimensi. Besaran x dan y menyatakan koordinat, sedangkan nilai f pada setiap titik (x,y) menyatakan intensitas atau kecerahan atau derajat keabuan pada titik tersebut. Suatu citra digital adalah citra kontinu yang diubah ke dalam bentuk diskret baik koordinat maupun intensitasnya. Citra digital dapat dianggap sebagai suatu matriks dengan indeks baris dan kolom menyatakan koordinat setiap titik pada citra, dan nilai tiap-tiap elemennya menyatakan intensitas cahaya pada titik tersebut. Satu titik pada citra digital dapat diidentikkan dengan sebuah piksel.

Ciri spasial dari setiap obyek dapat dinyatakan oleh aras keabuan, distribusi probabilitas gabungan atau distribusi spasialnya. Ciri objek yang paling sederhana dan mungkin paling berguna adalah amplitude sifat fisiknya, misalnya *reflectivity*,



Gambar 1. Penentuan panjang badan dan lebar dada ternak sapi
(*Determination of body length and chest diameter of cattle*)

Keterangan gambar:

a b : Panjang dada (*Body length*)

c d : Lebar dada (*Chest diameter*)

transmissivity, nilai-nilai tristimulus (warna), atau tanggapan multispektral. Sebagai contoh, dalam citra rekam medis dengan sinar X, amplitude aras keabuan menyatakan karakteristik penyerapan oleh jaringan tubuh dan dapat digunakan untuk membedakan antara tulang dengan jaringan lain atau untuk membedakan antara jaringan sehat dengan jaringan yang tidak sehat (Jain, 1989).

Menurut Gonzalez dan Woods (1993), untuk dapat mengenali obyek-obyek yang ada dalam suatu citra, maka diperlukan beberapa proses analisis citra lebih dahulu. Secara umum proses analisis citra dibagi menjadi tiga bagian, yaitu: pengolahan aras rendah, pengolahan aras menengah dan pengolahan aras tinggi.

Computer vision merupakan proses otomatis yang mengintegrasikan sejumlah besar proses untuk persepsi visual, seperti akuisisi citra, pengolahan citra, klasifikasi, pengenalan (*recognition*), dan membuat keputusan. Computer vision terdiri atas teknik-teknik untuk mengestimasi ciri-ciri obyek di dalam citra, pengukuran ciri yang berkaitan dengan geometri obyek, dan menginterpretasi informasi geometri tersebut.

Proses-proses di dalam computer vision dapat dibagi menjadi tiga aktivitas:

1. Memperoleh atau mengakuisisi citra digital.
2. Melakukan teknik komputasi untuk memproses atau memodifikasi data citra (operasi-operasi pengolahan citra).
3. Menganalisis dan menginterpretasi citra dan menggunakan hasil pemrosesan

untuk tujuan tertentu, misalnya memandu robot, mengontrol peralatan, memantau proses manufaktur, dan lain-lain.

Pengujian Statistik (Uji Dua Rata-rata: Uji dua pihak) Menurut Sudjana (1996), penelitian yang memerlukan perbandingan antara dua keadaan akan digunakan dasar distribusi sampling mengenai selisih statistik. Bila dua sampel berturut-turut diperoleh rata-rata \bar{X}_1 dan \bar{X}_2 dan standar deviasi S_1 dan S_2 akan diuji rentang rata-rata μ_1 dan μ_2 .

Pasangan hipotesis nol dan tandingannya yang akan diuji adalah:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

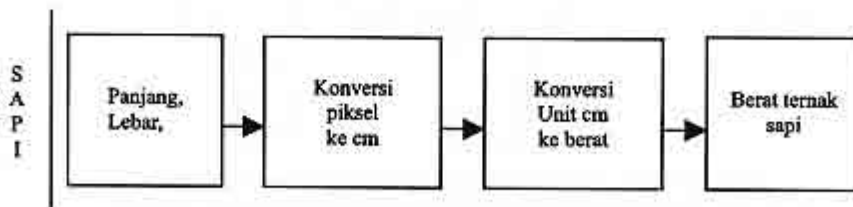
$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Statistika yang digunakan untuk menguji hipotesis adalah statistika t dengan nilai t hitung diperoleh dengan persamaan:

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Statistika t berdistribusi *student* dengan derajat kebebasan (dk) = $(n_1 + n_2 - 2)$. Kriteria pengujian adalah: terima H_0 jika $-t_{1-\alpha/2n} < t_{hitung} < t_{1-\alpha/2n}$. Untuk nilai-nilai t hitung lainnya maka H_0 ditolak.



Gambar 2. Diagram rancangan pembobotan ternak sapi (*Diagram of cattle weight estimation*)

Hipotesis. Panjang badan dan lebar dada ternak sapi hasil analisis pengolahan citra tidak berbeda signifikan dengan hasil pengukuran langsung.

Ruang Lingkup Penelitian. Struktur secara keseluruhan metode pengolahan citra ternak sapi untuk mendapatkan ukuran fisik yang tampak secara garis besar ditunjukkan pada Gambar 2.

Materi dan Metode

Penelitian yang dilaksanakan untuk mengetahui bobot badan ternak sapi potong berdasarkan ciri fisiknya yang tampak, dan yang terukur. Yang menjadi obyek penelitian (obyek citra) adalah sapi jenis Limousin dan Simmental.

Alat yang dipersiapkan dalam penelitian ini adalah Kamera Digital, Pita Ukur, *software* Matlab 7.0.1, komputer Intel Celeron M Processor 1,46GHz, 512 MB RAM

dengan *platform* Windows XP, printer HP 3920, tinta printer, dan kertas HVS.

Penelitian dilakukan dengan beberapa langkah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

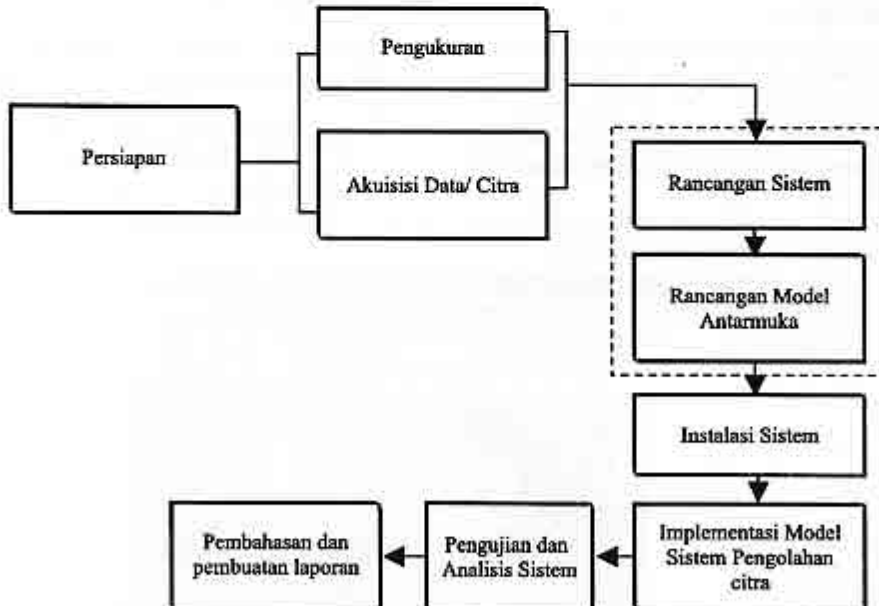
Hasil dan Pembahasan

Instalasi sistem

Sistem analisis citra (IAS) dibangun menggunakan Bahasa Pemrograman Matlab 7.0.1 untuk mengimplementasikan sistem pengolahan citra dalam komputasi bobot sapi. Masukan IAS (*Image Analysis System*) adalah citra raster sapi dan keluaran adalah bobot sapi dalam satuan kilogram. Pengambilan (akuisisi) citra tetap diatur pada sudut akuisisi yang tegak lurus.

Proses kalibrasi

Proses kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan skala konversi unit piksel ke unit



Gambar 3. Proses penelitian (*Process of research*)

centimeter yang akan digunakan untuk menghiung panjang badan dan lebar dada terak sapi. Kalibarsi dilakukan dengan meratarataan perbandingan unit panjang dan lebar pada bidang proyeksi pengambilan citra di lapangan dan panjang atau lebar tampilan citra pada monitor.

Komputasi skala piksel ke cm adalah:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{P_{xi}}}{n} \text{ cm / px}$$

Dengan menggunakan R, dengan diberikan panjang (Lx) atau Lebar (Wx), dalam unit piksel, maka dapat diperoleh panjang dan lebar dalam cm, L dan W, sebagai berikut:

$$L = Lx * R \text{ (cm)}$$

$$W = Wx * R \text{ (cm)}$$

Mode manual

Algoritma mode manual dalam analisis citra ini:

1. Input Citra
2. Input 4 (empat) titik yang mendefinisikan titik pembentuk panjang badan dan lebar dada ternak sapi
3. Identifikasi 2(dua) titik pembentuk garis panjang dan 2(dua) titik pembentuk garis lebar

4. Plot garis panjang dan lebar, serta hitung panjang garis lebar dada dan panjang badan dalam piksel
5. Konversi dari unit piksel menjadi unit cm
Komputasi bobot

Mode otomatis melalui segmentasi warna (SW)

Mode segmentasi warna merupakan suatu mode otomatis yang tanpa membutuhkan proses inputan titik oleh pengguna, melainkan secara otomatis, bila citra diinputkan akan secara langsung diketahui bobot ternak sapi tersebut. pada ternak sapi telah ada *marking point* yang diberikan sebelum citra diambil.

Algoritma Mode otomatis melalui segmentasi warna:

1. Input citra (mengandung *marking point*)
2. Baca parameter SW (*lihat topik Algoritma Perolehan Parameter SW*):

Vektor rerata = $\mu = [\mu_R \ \mu_G \ \mu_B]$ dan

Vektor standar deviasi =

$$\sigma = [\sigma_R \ \sigma_G \ \sigma_B]$$

3. Tetapkan threshold, $T = \max(sd)$
4. Hitung deviasi seluruh piksel terhadap μ , D

$$D = \sqrt{(f_R - \mu_R)^2 + (f_G - \mu_G)^2 + (f_B - \mu_B)^2}$$

$$= [d_1 \ d_2 \ d_3 \ \dots \ d_n \ \dots \ d_{M \times N}]$$



Gambar 4. Hasil mode manual (*Result of manual mode*)



Gambar 5. Hasil mode SW (Result of SW mode)

- Dengan d_i adalah jarak antara piksel ke- i dan dalam sistem koordinat warna RGB.
5. Hitung similaritas $D \leq T$, dan diperoleh 4 kelompok titik
 6. Identifikasi 2(dua) kelompok titik pembentuk garis panjang dan 2(dua) kelompok titik pembentuk garis lebar
 7. Komputasi panjang garis lebar dada dan panjang badan dalam piksel
 8. Konversi dari unit piksel menjadi unit cm
 9. Komputasi bobot
 10. Display Bobot badan

Mode otomatis melalui ekspektasi maksimum (EM)

Model analisis citra yang telah dilaksanakan untuk proses Otomatisasi pembobotan fisik ternak sapi dengan menggunakan metode ekspektasi maksimum dijelaskan dalam algoritma berikut:

1. Input citra
2. Hitung peta tepi dengan teknik gradien warna (lihat algoritma teknik gradien warna)
3. Proyeksi titik tepi pada arah horisontal dan arah vertikal
4. Hitung histogram titik-titik proyeksi arah horisontal dan vertikal
5. Hitung Ekspektasi Maksimum (EM) pada histogram arah horisontal dan vertikal

6. Tetapkan 4 (empat) titik terpilih dari kurva EM sebagai titik pembentuk garis panjang badan dan garis lebar dada ternak sapi.
7. Identifikasi 2 (dua) titik pembentuk garis panjang dan 2 (dua) titik pembentuk garis lebar
8. Hitung panjang garis lebar dada dan panjang badan dalam piksel
9. Konversi dari unit piksel menjadi unit cm
10. Komputasi bobot

Analisis proses identifikasi

Dalam penentuan garis panjang badan dan lebar dada ternak sapi, secara analitis, algoritmanya adalah pada gambar berikut. Panjang garis pembentuk panjang badan dan lebar dada dihitung menggunakan persamaan *euclidean distance*. Lihat sub bab Analisis proses identifikasi.

Pengujian hasil analisis citra

Pengujian terhadap hasil pengolahan citra dilakukan secara statistik dengan membandingkan hasil yang diperoleh dengan hasil pengukuran langsung yakni melakukan uji beda rata-rata, dengan menggunakan taraf signifikansi 5%. Dari ketiga mode sistem yang



Gambar 6. Hasil Mode EM (*Result of EM mode*)

dibangun, dilakukan pengujian hasil setiap mode terhadap hasil pengukuran langsung di lapangan yang menggunakan pita ukur.

Pengujian panjang badan

Berdasarkan analisis statistik diperoleh bahwa kedua pengukuran panjang badan ternak sapi yakni secara langsung dan berdasarkan analisis citra dengan ketiga mode analisis citra yang dibangun memberikan hasil yang sama terhadap panjang badan ternak sapi yang diteliti pada taraf signifikansi 5%. Nilai simpangan/galat panjang badan berdasar hasil pengolahan citra terhadap hasil pengukuran langsung di lapangan untuk ketiga mode tersebut berkisar antara 0,27% sampai 0,83%

Pengujian lebar dada

Berdasarkan analisis statistik diperoleh bahwa kedua hasil yakni pengukuran lebar dada ternak sapi secara langsung dan berdasarkan analisis citra dengan ketiga mode analisis citra yang dibangun memberikan hasil yang sama terhadap panjang badan ternak sapi yang diteliti pada taraf signifikansi 5%. Nilai simpangan/galat lebar dada, dari hasil pengolahan citra terhadap hasil pengukuran langsung di lapangan untuk ketiga mode tersebut, berkisar antara 0,01% sampai 0,42%,

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terdahulu, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : Sistem Analisis Citra (*Image Analysis System*) yang dibangun dapat mengestimasi ciri fisik tubuh ternak sapi berdasarkan citra ternak sapi dengan baik. Sistem analisis citra yang dibangun dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis yang hasilnya telah dapat diketahui sesuai panjang badan dan lebar dada ternak sapi hasil pengukuran langsung. Panjang badan ternak sapi hasil analisis pengolahan citra tidak berbeda secara signifikan dengan hasil pengukuran langsung, yaitu dengan faktor ketelitian secara statistik dengan nilai sebaran relatif penyimpangan (*error*) : 0,27% sampai 0,83%. Lebar dada ternak sapi hasil analisis pengolahan citra juga tidak berbeda secara signifikan dengan hasil pengukuran langsung, yaitu dengan faktor ketelitian secara statistik pada dengan nilai sebaran relatif penyimpangan (*error*) : 0,01% sampai 0,42%.

Pengolahan citra dapat dipergunakan untuk memprediksi bobot badan ternak sapi, dengan biaya pengadaan peralatan serta operasional yang rendah. Waktu yang diperlukan untuk menentukan bobot setiap ternak sapi lebih kurang sama bila

dibandingkan dengan pengukuran bobot badan secara langsung.

Untuk pengembangan lebih lanjut dari sistem ini, dapat diperhatikan batasan sistem analisis citra yang dibangun sudut pemotretan (akuisisi) obyek citra perlu diupayakan benar-benar tegak lurus sehingga dalam mengestimasi ciri fisik tubuh ternak sapi dapat dilakukan dengan baik.

Dengan jumlah sapi sebesar 100 atau lebih dapat dibuktikan teori peningkatan presisi perolehan bobot total seluruh sapi berdasar rumus:

$$\varepsilon_r = \text{galat relatif total} = \frac{\left(\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 \right)^{1/2}}{\sum_{i=1}^N W_i}$$

Pada kondisi khusus/ideal, yaitu semua sapi berbobot dan dengan galat pengukuran sama, maka

$$\varepsilon_r = \frac{(N\varepsilon_i^2)^{1/2}}{N W_i} = \frac{\sqrt{N} \varepsilon_i}{N W_i} = \frac{1}{\sqrt{N}} \frac{\varepsilon_i}{W_i} = \frac{1}{\sqrt{N}} \varepsilon_r$$

Untuk $N=100$ atau lebih, nilai galat relatif

$$\text{total: } \varepsilon_r \leq \frac{1}{10} \varepsilon_r \text{ yaitu turun menjadi}$$

sepersepuluh, atau lebih kecil lagi, bila jumlah sapi makin besar.

Daftar Pustaka

Ensminger, E.M ; dan G.C.Olentine, Jr. 1980. Feeds & Nutrition Complete. West Sierra Avenue Clovis California : The Ensminger Publishing Company
Gonzalez, R. C., R.E.Woods. 1993. Digital Image Processing Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
Jain, K, A. 1989. Fundamental of Digital Image Processing. Prentice Hall
Lee B., dan T. Zhuang. 2001. Adopt Adaptive

B-Spline to Embellish Contours in Image Segmentation, IEEE Proc. International Workshop on Medical Imaging and Augmented Reality
Lee, B., Yan Jia-yong., ZHUANG, Tian-ge. 2001, A Dynamic Programming Based Algorithm for Optimal Edge Detection in Medical Images, IEEE Proceeding of The International Workshop on Medical Imaging and Augmented Reality (MIAR'01).
McNitt, J. I. 1974. Livestock Husbandry Techniques. Suffolk : The Chaucer Press
Munir, R. 2004. Pengolahan Citra Digital Dengan Menggunakan Pendekatan Algoritmik. Bandung : Penerbit Informatika
Murtidja, B.A. 1993. Beternak Sapi Potong. Yogyakarta : Kanisius
Nugroho, S. 2005. Implementasi Metoda Edge Linking untuk Mendeteksi Garis Tepi pada Citra Digital. STIKOM Balikpapan
Siregar, S. B. 2007. Penggemukan sapi. Jakarta : Penebar Swadaya.
Soenarjo, Ch. 1988: Pegangan Kuliah Ilmu Tilik Ternak. Jakarta : CV. Baru
Soeprapto, H. dan Z. Abidin. 2006. Cara Tepat Penggemukan Sapi Potong. Jakarta : Agromedia Pustaka
Sosroamidjojo, M, S dan S.M. Soeradji. 1978. Ilmu Peternakan Umum. Jakarta : CV. Yasaguna
Sudjana. 1996. Metoda Statistika. Bandung : Tarsito
Sugeng, B. 1993. Sapi Potong Cetakan II. Jakarta : Penebar Swadaya
S'ykora, D., J.Burianek, dan J. Zara. 2003, Segmentation of Black and White Cartoons
Tybiani. 2005. Penerapan Region Growing pada Analisis Citra Digital untuk Pendeteksian Sel Kanker Rahim