

ESTIMASI BOBOT TELUR MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN BERDASARKAN PROPERTI GEOMETRI DARI CITRA DIGITAL

Joko Siswantoro

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya, Indonesia
email: joko_siswantoro@staff.ubaya.ac.id

Kata Kunci: estimasi, bobot telur, jaringan syaraf tiruan, properti geometri

Abstrak. *Bobot telur memegang peranan penting dalam kalsifikasi telur yang dijual di pasar. Menurut Standar Nasional Indonesia telur ayam konsumsi diklasifikasikan berdasarkan warna kerabang dan bobotnya. Umumnya bobot telur diukur dengan menggunakan timbangan digital untuk memperoleh hasil pengukuran yang akurat. Tetapi penggunaan timbangan ini tidak dapat diterapkan pada sistem klasifikasi telur di industri skala besar karena tidak efisien secara waktu. Sistem visi komputer menawarkan alternatif yang akurat dan efisien untuk mengukur bobot telur dari citra digital. Makalah ini mengusulkan metode untuk mengestimasi bobot telur menggunakan jaringan syaraf tiruan berdasarkan properti geometri telur yang diekstrak dari citra digital. Citra telur ditangkap dengan latar belakang berwarna hitam menggunakan kamera digital. Citra yang ditangkap kemudian diolah untuk mendapatkan citra biner. Properti geometri telur yang terdiri dari panjang, lebar, luas, dan keliling diekstrak dari objek telur pada citra. Properti geometri ini kemudian digunakan sebagai variabel input jaringan syaraf tiruan untuk mengestimasi bobot telur. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa hasil estimasi bobot telur menggunakan metode yang diusulkan mempunyai akurasi yang baik dengan rata-rata prosentase kesalahan mutlak sebesar 2,27%. Selain itu, hasil uji statistik menunjukkan bahwa hasil estimasi metode yang diusulkan tidak berbeda secara signifikan dengan hasil pengukuran bobot menggunakan timbangan digital. Dari segi waktu, metode yang diusulkan merupakan metode estimasi bobot telur yang efisien dengan rata-rata waktu komputasi yang diperlukan untuk mengestimasi bobot sebutir telur kurang dari 0,1 detik..*

1 PENDAHULUAN

Telur ayam merupakan komoditas yang banyak diperdagangkan baik ditingkat lokal, regional, nasional, maupun internasional. Di pasaran telur dijual berdasarkan bobotnya. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 3926:2008 telur ayam konsumsi diklasifikasikan berdasarkan warna kerabang dan bobotnya (<http://sni.bsn.go.id/product/detail/7782>). Secara tradisional bobot telur ayam dapat diukur menggunakan timbangan. Timbangan digital biasanya digunakan untuk memperoleh hasil pengukuran bobot dengan ketelitian yang baik. Tetapi metode ini tidak cocok jika diaplikasikan untuk mengklasifikasikan telur berdasarkan bobot di industri skala besar. Hal ini karena penentuan bobot telur menggunakan timbangan tidak efisien secara waktu.

Penggunaan sistem visi komputer merupakan salah satu alternatif yang akurat dan efisien untuk menentukan bobot telur. Sistem visi komputer memanfaatkan ciri-ciri pada citra telur untuk mengestimasi bobot telur tanpa menggunakan timbangan. Beberapa metode telah diusulkan untuk mengestimasi bobot telur pada penelitian terdahulu. Asadi dan Rauofat [1] mengusulkan metode untuk mengestimasi bobot telur menggunakan mesin visi dan jaringan syaraf tiruan (JST) berdasarkan 12 ciri yang diekstrak dari dua buah citra dari yang ditangkap. Javadikia, dkk. [2] mengusulkan metode untuk mengukur bobot telur dari citra dengan menggunakan *adaptive neuro-fuzzy inference system* (ANFIS) berdasarkan luas, diameter panjang dan pendek dari citra telur. Rashidi dan Gholami [3] mengusulkan metode untuk memprediksi bobot telur menggunakan model regresi linier berdasarkan atribut geometri telur, yaitu panjang dan diameter, yang diukur secara manual. Şalvarci dan Ayten [4] mengusulkan metode untuk mengestimasi bobot telur dari citra menggunakan JST. Citra telur ditangkap bersama papan kalibrasi sebagai objek referensi. Dari citra telur kemudian diekstrak 5 ciri yang digunakan untuk mengestimasi bobot menggunakan JST. Thipakorn, dkk. [5] mengusulkan metode untuk memprediksi bobot telur dari citra menggunakan model regresi linier berdasarkan 13 ciri geometri yang diekstrak dari citra.

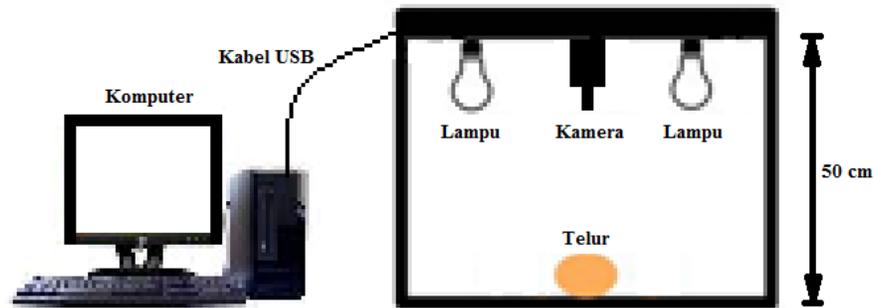
Jaringan syaraf tiruan (JST) adalah model matematis yang meniru prinsip kerja sistem syaraf makhluk hidup untuk memodelkan hubungan beberapa variabel. JST telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan klasifikasi dan prediksi atau estimasi di berbagai bidang [6], termasuk untuk mengestimasi volume telur [7]. Pada hampir semua penelitian terdahulu, metode yang telah diusulkan perlu mengeskrak 5 ciri atau lebih untuk mengestimasi bobot telur. Selain itu, penelitian terdahulu juga tidak melaporkan lama waktu yang diperlukan untuk mengestimasi bobot telur dari citra. Di pihak lain, secara fisis bobot telur sebanding dengan volume telur yang dapat diprediksi secara akurat menggunakan JST berdasarkan luas, keliling, panjang, dan lebar telur pada citra [7]. Oleh karena itu luas, keliling, panjang, dan lebar telur pada citra dapat dipertimbangkan sebagai variabel input JST untuk mengestimasi bobot telur. Makalah ini bertujuan untuk mengusulkan metode estimasi bobot telur menggunakan JST berdasarkan empat properti geometri yang diekstrak dari citra.

2 MATERIAL DAN METODE

2.1 Material

Perangkat keras yang digunakan untuk mengestimasi bobot telur dari citra terdiri dari kamera, sumber cahaya, kotak pembatas, dan komputer. Kamera Logitech® Webcam c270h digunakan untuk menangkap citra telur bersama dengan dua buah lampu LED yang terletak di sebelah kiri dan kanan kamera sebagai sumber cahaya. Kamera, lampu dan telur yang diestimasi bobotnya diletakkan di dalam kotak pembatas yang seluruh bagian dalamnya dicat warna hitam. Kamera dan lampu dihubungkan ke komputer dengan prosesor Intel® Core™ 2

Duo CPU T6600 @2.20 GHz, RAM 2.00 GB, dan sistem operasi 32-bit Windows 7 Ultimate menggunakan kabel USB. Citra yang ditangkap kemudian diproses oleh komputer menggunakan serangkaian langkah yang diimplementasikan di dalam MATLAB R2010a. Bentuk susunan perangkat keras yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk memvalidasi metode estimasi bobot telur yang diusulkan, 80 sampel telur dibeli secara random dari pasar tradisional di Surabaya. Setiap sampel telur kemudian diukur bobotnya menggunakan timbangan digital.



Gambar 1: Susunan perangkat keras.

2.2 Metode

Metode estimasi bobot telur yang diusulkan terdiri dari serangkaian langkah yang terdiri dari penangkapan citra, pemrosesan awal, segmentasi, pengekstrakan ciri, dan pembuatan model JST. Gambar 3 menunjukkan urutan langkah-langkah estimasi bobot telur dari citra digital. Detail dari langkah-langkah tersebut dijabarkan pada poin-poin berikut.

1. Penangkapan citra

Telur yang akan diestimasi bobotnya diletakkan di bawah kamera pada jarak 50 cm. Citra telur ditangkap menggunakan latar belakang berwarna hitam dengan ukuran 640×480 piksel pada ruang warna RGB (*Red Green Blue*). Citra kemudian disimpan ke dalam file dengan format JPEG untuk diproses pada langkah berikutnya.

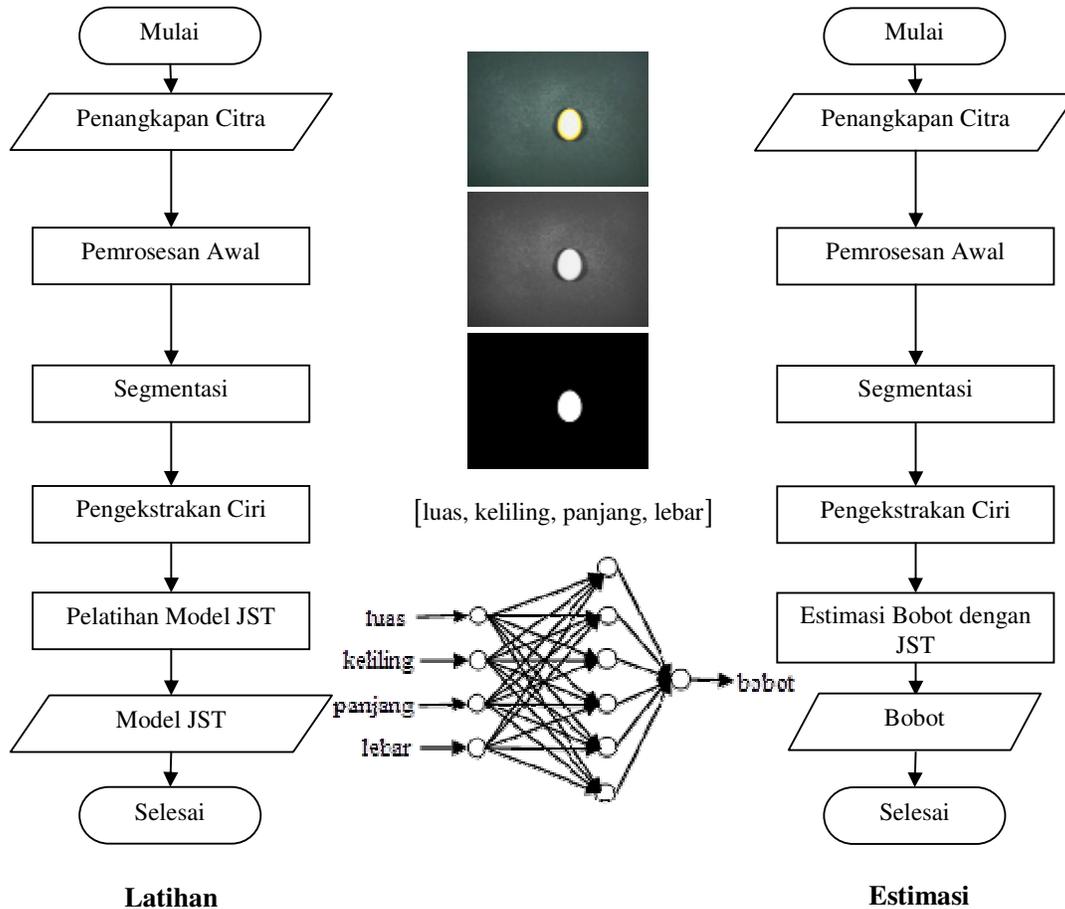
2. Pemrosesan awal

Citra telur kemudian dikonversi dari citra RGB menjadi citra skala keabuan. Intensitas setiap piksel pada citra skala keabuan (K) diperoleh dengan menghitung rata-rata terboboti dari intensitas piksel pada komponen R, G, dan B, seperti pada persamaan (1) berikut.

$$K = 0,2989R + 0,5870G + 0,1140B \quad (1)$$

3. Segmentasi

Segmentasi dilakukan dengan menggunakan metode *thresholding* untuk memisahkan objek telur dari latar belakangnya dan menghasilkan citra biner. Nilai *threshold* T ditentukan secara otomatis menggunakan metode Otsu [8]. Piksel pada citra skala keabuan dengan intensitas kurang dari T digolongkan sebagai piksel latar belakang dan diberi warna hitam selain itu digolongkan sebagai piksel objek telur dan diberi warna putih. Setelah *thresholding* kadang kala ada beberapa piksel latar belakang digolongkan sebagai piksel objek telur atau sebaliknya. Untuk mengatasi permasalahan ini operasi morfologi *opening* dan *closing* dengan *structuring element* berbentuk cakram berukuran lima piksel dikenakan pada citra biner hasil *thresholding* [9].



Gambar 2: Langkah-langkah estimasi bobot telur.

4. Pengekstrakan ciri

Empat ciri geometri diektrak dari citra biner yang terdiri dari luas, keliling, panjang, dan lebar telur. Luas diperoleh dengan menghitung banyaknya piksel putih pada citra biner. Keliling diperoleh dengan menghitung banyaknya piksel putih yang terletak pada tepi objek telur. Panjang diperoleh dengan mencari jarak terpanjang dari dua buah piksel yang terletak pada tepi objek telur. Lebar diperoleh dengan mencari jarak terpanjang dari dua buah piksel yang terletak pada tepi objek telur pada arah tegak lurus arah panjang telur.

5. Pelatihan model JST

Struktur model JST yang digunakan untuk estimasi bobot telur terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan input dengan 4 neuron, sebuah lapisan tersembunyi, dan lapisan output dengan satu neuron. Jumlah neuron pada lapisan tersembunyi ditentukan dengan eksperimen, yaitu antara 2 sampai 12 neuron, sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil estimasi bobot telur dengan akurasi yang baik. Fungsi transfer yang digunakan adalah fungsi transfer linier baik dari lapisan input ke lapisan tersembunyi maupun dari lapisan tersembunyi ke lapisan output. JST dilatih menggunakan metode propagasi balik *Levenberg-Marquardt Gradient Descent* dengan momentum [10]. Model JST yang sudah dilatih kemudian digunakan untuk mengestimasi bobot telur berdasarkan properti geometri yang diektrak dari citra telur menggunakan langkah 1 sampai dengan 4.

2.3 Validasi

Untuk memvalidasi model JST yang diusulkan 80 sampel telur yang telah dibeli dibagi menjadi sampel *training* dan sampel *testing*. Metode validasi yang digunakan adalah *10-fold cross validation* [10]. Proses latihan diulang sampai setiap *fold* digunakan sebagai sampel *testing* dan sisa *fold* lainnya sebagai sampel *training*. Kesalahan relatif mutlak (*KRM*) antara bobot telur hasil estimasi menggunakan JST (\widehat{W}) dan bobot telur yang diukur dengan timbangan digital (W) untuk setiap sampel *testing* kemudian dihitung menggunakan persamaan (2). Akurasi setiap proses latihan diperoleh dengan menghitung rata-rata kesalahan relatif mutlak dari semua sampel *testing*. Akurasi estimasi bobot telur dengan JST diperoleh dengan menghitung rata-rata akurasi setiap proses latihan.

$$KRM = \frac{|\widehat{W} - W|}{W} 100\% \quad (2)$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil eksperimen, jumlah neuron pada lapisan tersembunyi yang menghasilkan estimasi bobot telur dengan akurasi paling baik adalah 10 neuron. Hal ini ditandai dengan rata-rata *KRM* estimasi bobot telur pada sampel *testing* paling kecil terjadi jika JST menggunakan 10 neuron pada lapisan tersembunyi, yaitu 2,45%. Hasil estimasi bobot telur menggunakan JST dengan 10 neuron pada lapisan tersembunyi untuk semua sampel diringkas pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa rata-rata bobot telur hasil estimasi menggunakan JST tidak jauh berbeda dengan rata-rata bobot telur sebenarnya yang diukur menggunakan timbangan digital. Selain itu rata-rata *KRM* estimasi bobot telur menggunakan JST adalah 2,27% dengan standar deviasi 2,15% untuk semua sampel. Hal ini menunjukkan bahawa hasil estimasi bobot telur menggunakan JST berdasarkan properti fisik telur yang diekstrak dari citra digital telur mempunyai keakuratan yang baik.

Jumlah Sampel	Rata-rata bobot (gram)		KRM (%)	
	Sebenarnya	Estimasi	Rata-rata	Std. dev.
80	55,69	55,40	2,27	2,15

Tabel 1: Ringkasan hasil estimasi bobot telur untuk semua sampel.

Untuk memperkuat hasil eksperimen, uji *t* berpasangan dengan tingkat signifikan $\alpha = 0.05$ dilakukan untuk membandingkan rata-rata bobot telur sebenarnya (μ_1) dan rata-rata bobot telur hasil estimasi menggunakan JST (μ_2), dengan hipotesis berikut.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2; H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Hasil uji *t* berpasangan dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai *p* lebih besar dari α , akibatnya H_0 tidak dapat ditolak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata-rata bobot telur sebenarnya tidak berbeda secara signifikan dengan rata-rata bobot telur hasil estimasi menggunakan JST. Dari segi waktu komputasi, metode yang diusulkan hanya memerlukan waktu kurang dari 0,1 detik untuk mengestimasi bobot sebutir telur. Hal ini jauh lebih cepat jika dibandingkan dengan pengukuran bobot telur menggunakan timbangan digital. Oleh karena itu, metode ini dapat dipertimbangkan untuk diimplementasikan untuk klasifikasi telur berdasarkan bobot di industri.

Selisih berpasangan		t	Db	P
Rata-rata	Std. dev.			
0,29	1,77	1,45	79	0,15

Tabel 3: Hasil uji t berpasangan.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Makalah ini membahas metode alternatif untuk mengestimasi bobot telur menggunakan jaringan syaraf tiruan berdasarkan properti geometri telur dari citra digital. Citra telur yang telah ditangkap kemudian proses untuk memperoleh properti geometri telur yang terdiri dari luas, keliling, panjang dan lebar telur pada citra. Keempat properti ini kemudian digunakan untuk mengestimasi bobot telur menggunakan jaringan syaraf tiruan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode yang diusulkan menghasilkan estimasi bobot telur dengan akurasi yang baik dan efisien dari segi waktu komputasi. Metode yang diusulkan dapat ditindaklanjuti untuk membangun sistem klasifikasi telur berdasarkan bobot.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Asadi, M. H. Raoufat, Egg weight estimation by machine vision and neural network techniques (a case study fresh egg), *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, **4**, 1-4, 2010.
- [2] P. Javadikia, M. H. Dehrouyeh, L. Naderloo, H. Rabbani, A. N. Lorestani, Measuring the weight of egg with image processing and ANFIS model, *International Conference on Swarm, Evolutionary, and Memetic Computing*, 2011.
- [3] M. Rashidi, M. Gholami, Prediction of egg mass based on geometrical attributes, *Agriculture and Biology Journal of North America*, **2**, 638-644, 2011.
- [4] Ü. B. Şalvarci, U. E. Ayten, Distance independent weight estimation of eggs from images using artificial neural networks, *25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2017.
- [5] J. Thipakorn, R. Waranusast, P. Riyamongkol, Egg weight prediction and egg size classification using image processing and machine learning, *14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 2017.
- [6] J. Siswantoro, A. S. Prabuwoona, A. Abdullaha, B. Idrus, A linear model based on Kalman filter for improving neural network classification performance, *Expert Systems with Applications*, **49**, 112-122, 2016.
- [7] J. Siswantoro, M. Hilman, M. Widiarsi, Computer vision system for egg volume prediction using backpropagation neural network, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **273(1)**, 012002, 2017.
- [8] N. Otsu, A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, **9(1)**, 62-66, 1979.
- [9] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2002.
- [10] E. Alpaydin, *Introduction to machine learning*, edisi ke-2, MIT Press, 2010.