



KLASIFIKASI TELUR FERTIL DAN INFERTIL MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN MULTILAYER PERCEPTRON BERDASARKAN EKSTRAKSI FITUR WARNA DAN BENTUK

FERTILE AND INFERTILE EGG CLASSIFICATION USING MULTI LAYER PERCEPTRON NEURAL NETWORK BASED ON COLOUR AND SHAPE FEATURE EXTRACTIONS

Muhammad Zaen Nawawi,¹ Romi Fadillah Rahmat,¹ dan Mohammad Fadly Syahputra¹

¹Program Studi S1 Teknologi Informasi

Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi

Universitas Sumatera Utara

zaen29@gmail.com | romi.fadillah@usu.ac.id | nca.fadly@usu.ac.id

Diterima : 22 September 2015 Direvisi : 18 November 2015 Disetujui: 2 Desember 2015

ABSTRAK

Telur infertil adalah telur yang tidak mengalami perkembangan embrio pada saat penetasan. Pendeteksian telur infertil secara otomatis akan memberikan kemudahan saat penseleksian dan pemindahan telur infertil tepat waktu, yang akan membawa keuntungan bagi peternakan seperti efisiensi tempat dan kontaminasi penyakit yang mempengaruhi penetasan karena telur infertil bisa menjadi tempat perkembangan jamur. Metode yang diterapkan terdiri dari metode pengolahan citra dan jaringan saraf tiruan multilayer perceptron sebagai hasil akhir dari proses. Citra yang ditangkap kamera diekstrak fitur atau ciri-ciri yang membedakan antara telur fertil dan telur infertil berdasarkan bentuk dan warna telur. Shape index, roundness dan elongation diekstraksi dari bentuk telur, sedangkan nilai rata-rata hue, saturation dan intensitas diekstraksi dari warna telur. 100 data sampel digunakan untuk pelatihan jaringan dan pengujian memori dan 125 data sampel berbeda digunakan untuk uji generalisasi. Laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.0005 dan parameter momentum sebesar 0.02 tingkat akurasi yang dihasilkan 98% untuk pelatihan dan 96% untuk uji generalisasi. Oleh sebab itu, metode yang digunakan selanjutnya dapat diterapkan pada fase industri.

Kata Kunci: telur infertil, identifikasi, pemrosesan citra, fitur ekstraksi, jaringan saraf tiruan .

ABSTRACT

Infertile egg is an egg that does not have any embryo growth in the hatching phase. Autonomous fertile egg detection will give a fast response for infertile egg's selection and confinement, this also will bring an advantage to the farmer to do any contamination process in order to prevent harmful disease in the hatching proses. Our proposed method is based on image processing as the pre-processing phase and multilayer perceptron as the end of process. We extracted some features from the image that indicates fertile or infertile of the egg. Shape index, roundness and elongation are extracted from the shape of the egg, while the average value of hue, saturation and intensity are extracted from the egg's color. 100 training data is used for neural network training and memory testing, while 125 testing data is used for generalization test. With learning rate is 0.0005 and momentum is 0.02, accuracy of this method

can reach up to 98% and 96% for generalization test. It means that our proposed method can be implemented in industrial phase.

Keywords: infertile egg, identification, image processing, feature extraction, neural network.

PENDAHULUAN

Telur infertil adalah telur yang tidak mengalami perkembangan embrio pada saat penetasan¹. Telur infertil cenderung menjadi tempat berkembangbiaknya bakteri dan jamur disebabkan oleh perbedaan suhu telur dan suhu yang direpresentasikan oleh termometer inkubator². Kontaminasi bakteri dan jamur menghasilkan tekanan yang mengakibatkan telur tersebut meledak di inkubator. Langkah pencegahan dapat dilakukan dengan menyeleksi dan memisahkan telur tersebut dari inkubator. Pengecekan fertilitas telur dilakukan dengan peneropongan telur itu sendiri, telur didekatkan dengan sumber cahaya dengan intensitas tertentu yang cukup untuk menembus cangkang telur, namun akurasi deteksi tergantung pengalaman tenaga kerja yang mengamati, jika penetasan dilakukan dalam skala industri akan dibutuhkan banyak tenaga kerja yang berpengalaman. Selain itu penggunaan waktu menjadi tidak efisien.

Sistem yang mampu mengenali telur infertil secara otomatis memungkinkan pemisahan telur infertil tepat pada waktunya, sehingga kontaminasi bakteri dan jamur dapat diminimalisir, penggunaan rak penetasan dapat diefisienkan dan kualitas anak ayam yang ditetaskan dapat dimaksimalkan.

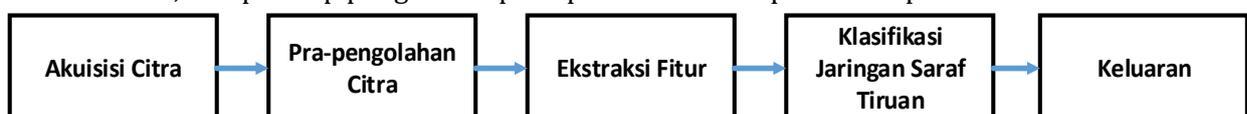
Pendeteksian telur infertil dapat dilakukan dengan mengarahkan telur kepada sumber cahaya dengan intensitas tertentu, namun metode ini mengharuskan telur

dipindahkan dari inkubator yang berdampak negatif terhadap perkembangan embrio dan akan membutuhkan banyak waktu apabila mendeteksi telur dalam skala besar, oleh karena itu dibutuhkan sistem yang mampu mendeteksi telur tanpa harus mengeluarkan telur dari inkubator. Bagaimana mendeteksi telur infertil tanpa harus mengeluarkan telur dari inkubator?

Terdapat beberapa penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian pada artikel ilmiah ini. Berbagai teknik telah digunakan dalam penelitian identifikasi atau klasifikasi telur ayam. Zhihui Zhu menggabungkan metode *Least Square Support Vector Machine* dan *machine vision* untuk mendeteksi telur fertil dengan tingkat akurasi yang dihasilkan sebesar 92.5 % dari 100 sampel yang dideteksi³. Lawrence et. al menggunakan metode *Hyperspectral imaging and Predictive Modeling System* untuk mendeteksi perkembangan embrio telur dengan tingkat akurasi yang dihasilkan 91.7 % di hari pertama dan 92 % di hari kedua⁴. Das et. al menggunakan metode *Histogram characterization method* dan *machine vision* untuk mendeteksi fertilitas telur dengan akurasi 96 hingga 100% pada hari keempat pengeraman dan 88 hingga 90% pada hari ketiga⁵. Wang et. al menggunakan metode *Fuzzy distinction model* dan *Bayesian recognition model* untuk meneliti ketahanan telur saat pengeraman⁶.

METODE PENELITIAN

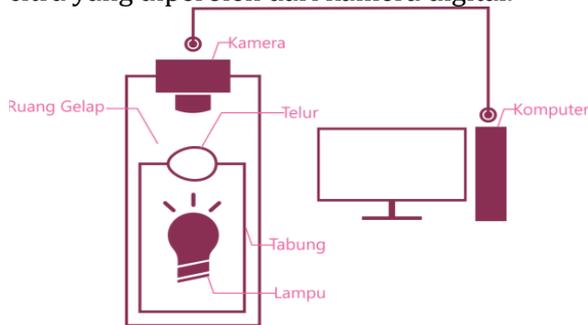
Secara umum, tahap-tahap pengenalan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pengenalan Citra

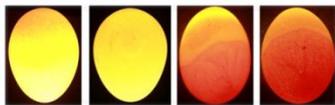
Akuisisi Citra

Data sampel yang digunakan adalah telur ayam telah diletakkan di inkubator penetasan selama empat hari, kemudian telur ayam dipotret oleh alat akuisisi citra. Alat akuisisi citra adalah alat yang dirancang untuk memindai citra telur dan memrosesnya, mesin ini terdiri atas beberapa perangkat seperti terlihat pada Gambar 2. Sebuah lampu menjadi sumber cahaya, telur, tabung berfungsi untuk mengumpulkan cahaya dari lampu, kamera digital dan komputer sebagai pusat pemrosesan citra yang diperoleh dari kamera digital.



Gambar 2. Alat Akuisisi Citra

Pemotretan dilakukan pada hari keempat pengeraman, karena pada saat itu telur mengalami perkembangan embrio yang tampak jelas. Telur disusun secara horizontal dan diasumsikan lurus tidak miring, dan tidak berotasi, hal ini dilakukan karena dalam penelitian tidak dibahas pengolahan citra untuk objek yang mengalami rotasi dan miring. Hasil pemotretan dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Citra telur yang dihasilkan oleh Alat Akuisisi Citra

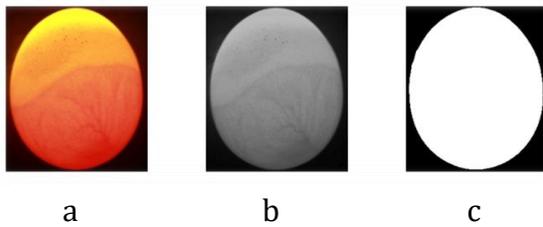
Data dikumpulkan berupa citra telur yang disimpan dengan format bitmap (bmp), dengan ukuran lebar citra 225 piksel dan panjangnya tergantung aspek ratio panjang telur. Jumlah seluruh data sampel yang didapat adalah 225 citra telur. Dari keseluruhan jumlah data tersebut setengahnya digunakan untuk data pelatihan dan setengahnya untuk data

pengujian. Jumlah data yang akan digunakan untuk proses pelatihan adalah 100 data sampel terdiri atas 60 telur fertil dan 40 infertil, sedangkan proses menggunakan 125 sampel data terdiri 100 telur fertil dan 25 infertil untuk menguji kemampuan generalisasi aplikasi. Jumlah data sampel telur infertil lebih kecil disebabkan oleh pencarian telur infertil lebih susah dari pada mencari sampel telur fertil.

Pra-Pengolahan Citra

Pengolahan citra dilakukan untuk memperbaiki kualitas agar citra yang diubah lebih mudah diolah oleh program. Citra telur yang dihasilkan dari alat akuisisi citra merupakan citra berwarna (Gambar 4a), citra berwarna memiliki tiga layer matrik yaitu matrik R- layer, G-layer dan B-layer. Proses penghitungan selanjutnya harus tetap memperhatikan tiga layer tersebut, artinya dalam proses penghitungan tiap tahapnya akan membutuhkan tiga penghitungan yang sama. Guna penyederhanaan proses selanjutnya konsep citra berwarna yang terdiri atas tiga layer diubah menjadi satu layer matriks *grayscale*, dan hasil dari perubahan tersebut merupakan citra *grayscale* (Gambar 4b), yaitu citra yang tidak memiliki warna kecuali derajat keabuan.

Pada penelitian ini citra *grayscale* yang merupakan hasil pengolahan dari citra berwarna akan dikoversikan ke citra biner (Gambar 4c). Hal ini dilakukan guna mempermudah pengidentifikasian keberadaan objek (telur) yang akan direpresentasikan sebagai suatu bagian (*region*) dalam citra serta memfokuskan pada analisis bentuk citra ditinjau dari sudut morfologi citra. Objek yang dipisahkan dari latar belakangnya selanjutnya akan dilakukan penghitungan fitur objek yang dihitung setelah terjadi perubahan ke citra biner.



Gambar 4. Pra-Pengolahan Citra (a) Citra RGB, (b) Citra *Grayscale* dan (c) Citra Biner

Ekstraksi Fitur

Telur infertil memiliki beberapa karakteristik yang dapat dibedakan dari telur fertil secara kasat mata, baik dari warna maupun bentuk. Warna telur infertil saat diteropong akan lebih jernih dan terang daripada telur fertil yang memiliki titik hitam yang menandakan adanya perkembangan embrio di dalamnya.

Ekstraksi fitur dilakukan pada penelitian ini yang terbagi menjadi dua bagian, pertama dilakukan ekstraksi fitur terhadap warna telur dan berikutnya pada bentuk telur.

Ekstraksi Fitur Warna Telur

Pada penelitian ini, citra warna telur yang dihasilkan oleh alat akuisisi citra merupakan citra berwarna yang memiliki 3 layer matrik yaitu R- layer, G-layer dan B-layer. Ketiga warna tersebut dinamakan warna pokok (*primaries*) dan sering disingkat sebagai warna dasar *RGB*. Ekstraksi warna telur pada penelitian ini menggunakan atribut warna *intensity*, *hue* dan *saturation*⁷ yang telah dikonversi dari nilai warna RGB.

a. Intensitas

Atribut yang menyatakan banyaknya cahaya yang diterima oleh mata tanpa mempedulikan warna. Kisaran nilainya adalah antara gelap (hitam) dan terang (putih). Besaran *intensity* dapat dihitung dengan persamaan :

$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

b. Hue

Menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet, dan kuning. *Hue* digunakan

untuk membedakan warna-warna dan menentukan kemerahan (*redness*), kehijauan (*greenness*), dsb dari cahaya⁷. *Hue* berasosiasi dengan panjang gelombang cahaya, dan bila menyebut warna merah, violet, atau kuning, sebenarnya menspesifikasikan nilai *hue* -nya. Untuk menghitung nilai *hue* digunakan formula berikut:

$$H = \text{atan}(2\sqrt{3} \cdot (G - B), 2 \cdot R - G - B)$$

c. Saturation

Saturation menyatakan tingkat kemurnian warna cahaya, yaitu mengindikasikan seberapa banyak warna putih diberikan pada warna. Jika *hue* menyatakan warna sebenarnya, maka *saturation* menyatakan seberapa dalam warna tersebut⁷. Nilai *saturation* pada tulisan ini ditentukan dengan menggunakan persamaan:

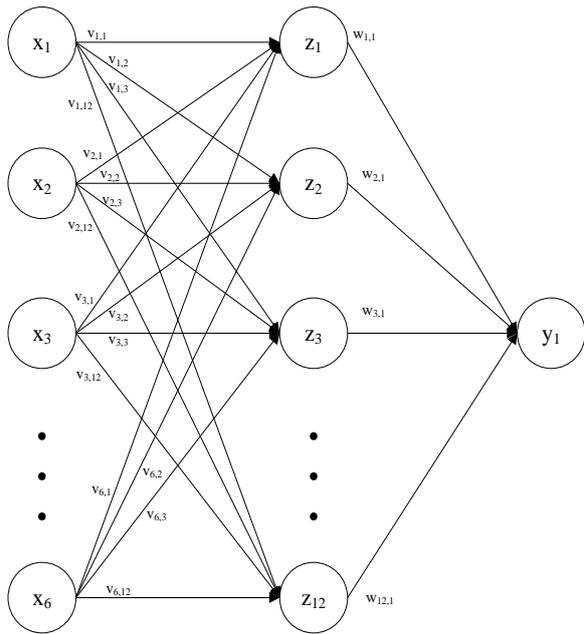
$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \min(R, G, B)$$

Penjelasan :

- I = nilai *intensity channel* pada piksel
- H = nilai *hue channel* pada piksel
- S = nilai *saturation channel* pada piksel
- R = nilai *red channel* pada piksel
- G = nilai *green channel* pada piksel
- B = nilai *blue channel* pada piksel

Ekstraksi Fitur Bentuk

Bentuk dari suatu objek adalah karakter konfigurasi permukaan yang diwakili oleh garis dan kontur. Fitur bentuk dikategorikan bergantung pada teknik yang digunakan. Kategori tersebut adalah berdasarkan atas batas (*boundary-based*) dan berdasarkan atas daerah (*region-based*). Teknik berdasarkan atas batas (*boundary-based*) menggambarkan bentuk daerah dengan menggunakan karakteristik eksternal, contohnya adalah piksel sepanjang batas objek. Beberapa fitur ekstraksi bentuk yang diekstrak dari citra telur⁸:



Gambar 6. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Enam nilai fitur yang didapat pada tahap fitur ekstraksi dijadikan sebagai jumlah neuron Pada lapisan dalam sebagai bentuk jaringan *multilayer perceptron*. Dan Selanjutnya, untuk lapisan yang tersembunyi jumlah neuronnya, digunakan dua kali lipat jumlah neuron pada lapisan input yaitu berjumlah 12 neuron. Jaringan *multilayer perceptron* yang dibangun menggunakan :

- Satu lapisan tersembunyi yang terdiri atas = 12 neuron.
- Fungsi aktivasi = Sigmoid Biner
- Laju pembelajaran = 0,1
- Momentum = 0,0005
- Maksimum *epoch* = 10000

Oleh karena itu arsitektur jaringan pada artikel ilmiah ini adalah 6-12-1 seperti pada Gambar 6 di atas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

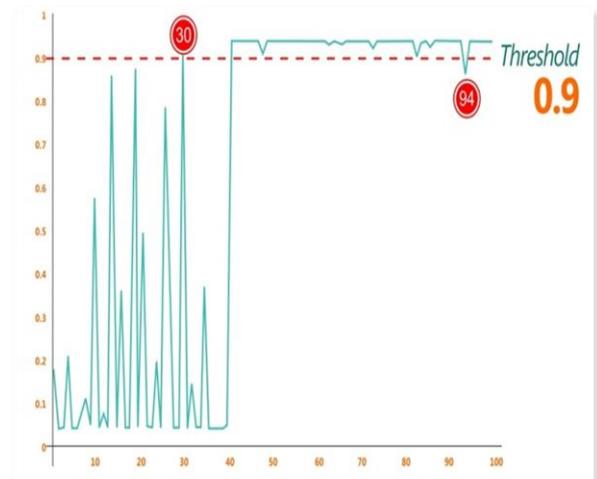
Jaringan dibangun berdasarkan atas perancangan yang telah dibahas, dan dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui tingkat akurasi identifikasi jaringan *multilayer perceptron* akan telur-telur infertil. Hasil

pengujian jaringan yang dibangun dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian jaringan

Uji	Sampel	Kesalahan	Tingkat Pengenalan (%)
Memorisasi	100	2	98
Generalisasi	125	5	96

Jaringan tersebut dilatih menggunakan dengan parameter pelatihan, yaitu laju pembelajaran 0,0005, momentum 0,02 dan *epoch* 10000. Secara terperinci proses pengujian memorasi dan generalisasi dapat dilihat pada grafik Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Grafik uji memorasi

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan hasil memorasi jaringan terhadap data yang telah dilatih, 100 sampel digunakan terdiri atas 60 telur fertil dan 40 telur infertil, dengan nilai *threshold* 0.9, lingkaran merah menunjukkan kesalahan pendeteksian jaringan, maka terdapat dua kesalahan deteksi pada sampel 30 dan sampel 94. Sampel 30 terdeteksi fertil tapi sebenarnya telur tersebut infertil, sedangkan sampel 94 kebalikannya. Kesalahan pendeteksian ini terjadi disebabkan oleh *logic statement* pada sistem yang mendefinisikan telur fertil. Jika nilai output lebih besar dari

nilai *threshold* dan telur infertil, maka nilai output lebih kecil dari nilai *threshold*. Nilai 98 dari 100 sampel hasil pendeteksian jaringan *multilayer perceptron* adalah akurat. Jadi dengan nilai error 0.02, disimpulkan dalam uji memorasi jaringan, mampu mendeteksi data

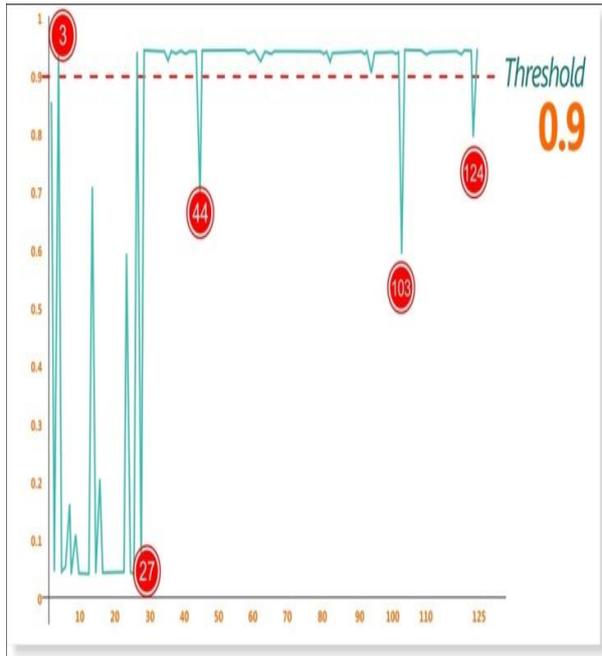
telur dengan akurasi 98%. Tabel 2 menjelaskan kesalahan yang terjadi di dalam pengelompokan jenis telur tersebut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Memorisasi

No	Input [0]	Input [1]	Input [2]	Input [3]	Input [4]	Input [5]	Target Output	Output	Hasil
1	183.92	54.37	64.25	118.35	120.65	53.58	0	0.16	Infertile
2	193.35	56.11	56.21	127.52	118.77	48.45	0	0.0441	Infertile
3	190.84	58.44	62.88	123.96	120.9	49.36	0	0.0449	Infertile
4	177.99	47.98	61.27	135.65	117.81	44.57	0	0.207	Infertile
5	201.03	59.17	52.22	126.48	119.33	49.29	0	0.0441	Infertile
6	188.72	54.84	59.76	131.51	116.52	47.12	0	0.0441	Infertile
6-29	...	...	...	...	...	...	0	...	Infertile
30	171.89	45.59	63.08	124.65	115.38	49.18	0	0.9066	Fertile
31	198.58	59.71	55.95	125.23	117.21	49.09	0	0.0441	Infertile
32-40	...	...	...	...	...	...	0	...	Infertile
41	75.43	3.44	91.31	126.15	115.23	48.1	1	0.9401	Fertile
42	168.24	43.48	63.64	131.36	119.18	45.38	1	0.9397	Fertile
43	122.21	18.44	69.04	125.69	121.48	47.64	1	0.9401	Fertile
44	96.64	9.87	79.47	122.73	119.47	50.04	1	0.9401	Fertile
45-93	...	...	...	...	...	...	1	...	Fertile
94	164.81	39.42	60.94	123.64	118.38	48.77	1	0.866	Infertile
95	165.64	41.99	64.21	130.41	117.47	45.79	1	0.94	Fertile
96	104.58	11.56	74.5	128.9	117.63	46.07	1	0.9401	Fertile
97	107.47	13.04	73.98	126.82	121.74	46.88	1	0.9401	Fertile
98	82.46	5.87	86.76	126.91	110.58	46.53	1	0.9401	Fertile
99	84.25	8.32	88.34	134.1	109.72	45.88	1	0.9401	Fertile
100	114.84	13.66	67.8	126.24	118.96	46.7	1	0.9401	Fertile

Grafik pada Gambar 8 menunjukkan hasil generalisasi jaringan terhadap data yang telah dilatih, 125 sampel digunakan terdiri atas 100 telur fertil dan 25 telur infertil, dengan nilai *threshold* 0.9, lingkaran merah menunjukkan kesalahan pendeteksian jaringan, jadi terdapat lima kesalahan deteksi pada sampel 3, 27, 44, 100 dan sampel 124. Sampel 3 terdeteksi fertil tapi sebenarnya telur tersebut infertil,

sedangkan sampel 27, 44, 100 dan 124 kebalikannya. Tabel 3 menjelaskan dengan detail kesalahan yang terdapat pada data generalisasi.



Gambar 8. Grafik Uji Generalisasi

Sama seperti pada pengujian memorasi, kesalahan pendeteksian ini terjadi disebabkan oleh *logic statement* pada sistem yang mendefenisikan telur fertil jika nilai output lebih besar dari pada nilai *threshold* dan telur infertil jika nilai *output* lebih kecil dari nilai *threshold*. Hal ini disebabkan oleh fitur ekstraksi yang diambil belum memiliki tingkat pengenalan yang mutlak bagi jaringan saraf tiruan untuk melakukan pengklasifikasian. Dapat dilihat bahwa 120 dari 125 sampel yang hasil pendeteksian jaringan *multilayer perceptron* memiliki akurasi benar, sedangkan 5 data di klasifikasi sebagai klasifikasi yang salah. Oleh karena itu dengan nilai error = 0.04, dapat disimpulkan dalam uji generalisasi jaringan mampu mendeteksi data telur dengan akurasi sampai pada 96%.

Tabel 3. Hasil Pengujian Generalisasi

No	Input [0]	Input [1]	Input [2]	Input [3]	Input [4]	Input [5]	Target Output	Output	Hasil
1	165.4	39.2	61.45	122.02	120.61	49.85	0	0.8518	Infertile
2	190.92	59.23	64.38	122.58	115.56	51.18	0	0.0467	Infertile
3	166.43	40.71	62.99	123.96	120.98	48.89	0	0.9337	Fertile
4	185.54	53.53	61.72	125.68	120.59	47.48	0	0.0465	Infertile
5	187.47	56.23	63.27	126.42	121.44	48.87	0	0.052	Infertile
6-24	...	...	...	...	...	...	0	...	Infertile
25	192.67	58.49	61.09	133.18	117.63	45.08	0	0.0445	Infertile
26	124.02	24.38	74.15	128.96	117.02	46.17	1	0.9401	Fertile
27	176.86	43.05	56.62	126.64	119.54	49.38	1	0.0442	Infertile
28	152.21	37.68	68.72	124.43	120.27	47.26	1	0.9401	Fertile
29	96.66	13.81	82.5	128.37	119.95	47.04	1	0.9401	Fertile
30-43	...	...	...	...	...	...	1	...	Fertile
44	172.55	44.46	61.56	127.52	113.2	47.87	1	0.6888	Infertile
45	120.75	21.77	73.93	133.33	117.61	44.89	1	0.9401	Fertile
46-102	...	...	...	...	...	...	1	...	Fertile
103	147.64	25.65	54.1	129.09	119.09	46.05	1	0.5943	Infertil
104	117.86	22.33	77.34	125.46	120.22	48.72	1	0.9401	Fertile

105	135.28	29.47	72.5	125.69	117.74	47.9	1	0.9401	Fertile
106	132.54	25.26	67.56	122.27	105.84	50.67	1	0.9401	Fertile
107	120.7	20.61	73.38	127.65	118.28	47.46	1	0.9401	Fertile
108	85.64	10.79	88.69	134.09	118.74	44.54	1	0.9401	Fertile
109	167.25	41.76	63.67	134.53	119.3	44.81	1	0.9399	Fertile
110-123	...	...	...	...	...	...	1	...	Fertile
124	164.69	38.5	60.94	122.33	119.92	50.04	1	0.7901	Infertile
125	121.26	21.79	72.98	128.9	107.66	47.36	1	0.9401	Fertile

SIMPULAN

Telah dilakukan pengidentifikasian telur infertil yang menggunakan *image processing* dan jaringan saraf tiruan *multilayer perceptron*. Menggunakan Nilai laju pembelajaran yang digunakan adalah 0.0005 dan momentum sebesar 0.02 untuk mencapai akurasi yang tinggi. Dari pengujian yang dilakukan tingkat akurasi yang dicapai sebesar 98% untuk proses uji memorasi dengan data yang telah dilatih, dan pada proses uji generalisasi tingkat akurasi yang dicapai sebesar 96% dengan data yang telah belum pernah dilatih

Namun pada penelitian ini, telur yang dijadikan sampel adalah telur yang telah dierami selama empat hari jadi identifikasi hanya dilakukan pada hari tersebut, kadangkala ditemukan telur yang perkembangan embrionya berhenti di hari selanjutnya. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian selanjutnya yang dapat mendeteksi perkembangan embrio telur sehingga dapat dipisahkan telur yang tidak mengalami perkembangan embrio dari inkubator

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Faridah, Nopriadi, A. Alfa. 2008. *Aplikasi mesin visi dalam pendeteksian fertilitas telur*. Media Teknik Universitas Gajah Mada. 02165-3012.
- ²K. C. Lawrence, D. P. Smith, W. R. Windham, and G. W. Heitschmidt. 2008. *Fertility and*

Embryo Development of Broiler Hatching Eggs Evaluated with a Hyperspectral Imaging and Predictive Modeling System. *International Journal of Poultry Science* 7 (10): 1001-1004.

- ³Zhu, Zhihui, Ma, Meihu. 2011. *The identification of white fertile eggs prior to incubation based on machine vision and least square support vector machine*. *African Journal of Agricultural Research*. 6(12):2699-2704.
- ⁴D. P. Smith, K. C. Lawrence, W. R. Windham, and G. W. Heitschmidt. 2008. *Fertility and Embryo Development of Broiler Hatching Eggs Evaluated with a Hyperspectral Imaging and Predictive Modeling System*. *International Journal of Poultry Science* 7 (10): 1001-1004.
- ⁵K. Das, and M. D. Evans. 1992. *Detecting Fertility of Hatching es using machine vision and histogram characterization method*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Michigan.
- ⁶Qiaohua, Wan, Meihu Ma, Zhihui Zhu, Tao Zhu, Min Li. 2012. *Non-destructive detection of hatching egg's survival based on machine vision*. *Journal of Food, Agriculture & environment*. 578-581.
- ⁷Hariyanto, Didik. 2009. *Studi penentuan nilai resistor menggunakan seleksi warna model HSI pada citra 2d*. Universitas Negeri Yogyakarta. 1693-6930.

⁸Zhu ,Zhihui, Ma, Meihu. 2011. *The identification of white fertile eggs prior to incubation based on machine vision and least square support vector machine*. African Journal of Agricultural Research, 6(12):2699-2704.