

PENGEMBANGAN TEKNIK PENENTUAN DINI JENIS KELAMIN KOI¹

(Development of a Technique for Early Sexing of Koi (*Ornamental Carp*))

Indra Jaya² dan Muhammad Iqbal²

ABSTRAK

Salah satu faktor utama yang dihadapi para pemulia atau pembudidaya koi adalah bagaimana mengidentifikasi jenis kelamin koi sedini mungkin. Jika identifikasi ini dapat dilakukan sedini mungkin maka keuntungan finansial yang dapat diperoleh akan meningkat secara nyata. Dalam tulisan ini diuraikan hasil pengembangan teknik identifikasi dini jenis kelamin koi melalui kombinasi antara deskriptor dan aplikasi teknik jaringan saraf tiruan (JST), dengan algoritma JST yang digunakan adalah perambatan balik. Data masukan yang digunakan dalam komputasi JST adalah nilai deskriptor morfometrik dan energetik foto koi. Analisis deskriptor morfometrik menunjukkan bahwa deteksi dini dapat dilakukan dalam waktu kurang dari 2 (dua) bulan, jauh lebih cepat dari metode konvensional histologi. Hasil komputasi JST menunjukkan bahwa nilai akurasi penentuan jenis kelamin cukup baik, yakni sekitar 70% dalam mengidentifikasi jenis kelamin koi.

Kata kunci: jenis kelamin, deskriptor, jaringan syaraf tiruan, ikan koi.

ABSTRACT

One of the critical issues faced by a Koi's breeder is sexing at the early age, since it will result in financial benefit for the breeder. In this paper we describe the results of early sexing technique that is developed for the Koi using combination of descriptor method and application of artificial neural network (ANN), where we used back-propagation algorithm in the computation. Input data for ANN are obtained from both morphometric and energetic descriptors of Koi's images. The morphometric descriptor shows that early sexing is possible and can be accomplished within 2 (two) months, which is much faster than conventional technique by means of histology. The accuracy of ANN computation for sexing using both descriptors as input is about 70%.

Keywords: sexing, descriptors, artificial neural network, Koi

PENDAHULUAN

Koi (*Cyprinus carpio*) merupakan salah satu ikan hias yang sejak dulu hingga saat ini terkenal di masyarakat, khususnya pencinta ikan hias, para hobiis dan pebisnis yang terjun langsung memelihara koi dan mengomersialkannya. Hal ini disebabkan koi memiliki warna yang indah dan eksotis, bentuk dan gerakan yang menarik. Untuk mendapatkan warna yang indah, bentuk dan gerakan yang menarik para pemelihara koi melakukan sederetan langkah yang rumit untuk dilakukan, salah satu langkah terpenting yang harus dilakukan adalah penentuan jenis kelamin. Penentuan jenis kelamin ini penting dilakukan karena pada umumnya koi betina memiliki warna yang kurang tajam serta bentuk yang kurang menarik bila diban-

dingkan dengan koi jantan. Selain itu, salah satu cara menekan biaya produksi koi adalah dengan melakukan *monosex culture* (budidaya ikan jenis kelamin tertentu saja). Hal ini disebabkan warna dan bentuk koi jantan biasanya lebih bagus bila dibandingkan dengan koi betina. Pada saat ini *monosex culture* dilakukan setelah umur koi ± 5 bulan, dan waktu ini dirasa masih terlalu lama oleh para pembudidaya koi karena selama waktu tersebut biaya perawatan, tenaga kerja dan pakan banyak dihabiskan sedangkan hasil yang diperoleh paling sekitar 20% dari yang dirawat selama 5 bulan tersebut. Misalnya, dari 10 000 ekor benih yang dirawat setelah 5 bulan petani akan melakukan sortir kelamin sehingga didapatkan sekitar 2 000 ikan jantan. Jika dilakukan sortir corak warna maka hanya akan didapat sekitar 5% atau sebesar 500 ekor saja. Dengan demikian dapat dibayangkan besar biaya perawatan, tenaga dan pakan yang dihabiskan secara cuma-cuma untuk ikan yang akhirnya dibuang selama waktu tersebut. Ke-

¹ Diterima 6 April 2007 / Disetujui 28 April 2008.

² Laboratorium Akustik dan Instrumentasi Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

mampuan penedeteksiian yang lebih awal dari waktu tersebut akan sangat membantu para petani menekan biaya produksinya.

Dengan demikian, penentuan jenis kelamin koi yang dilakukan selama ini masih dilakukan secara konvensional sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama agar ciri – ciri fisik pembeda kelamin tersebut muncul, sehingga biaya produksi yang harus ditanggung oleh para pembudidaya ikan semakin besar, oleh karena itu diperlukan suatu cara yang lebih dini dan lebih baik dalam penentuan jenis kelamin ini.

Gagasan pendekatan dini penentuan jenis kelamin ikan terinspirasi dari metode pengidentifikasian kawanan spesies ikan yang dilakukan oleh Lu and Lee (1994); Haralabous and Georgakarakos (1996); dan Lawson *et al.* (2001) melalui pendekatan dengan deskriptor akustik. Selanjutnya, beberapa penelitian penulis yang mengarah ke implementasi dari metode ini, antara lain adalah Jaya (2002), Jaya dan Sriyasa (2004), Fauziyah dan Jaya (2004), Jaya dan Fauziyah (2005), Jaya dan Sriyasa (2005a, b), Fauziyah dan Jaya (2005a, b) serta Jaya dan Sriyasa (2006). Dalam makalah ini penentuan dini jenis kelamin ikan dilakukan dengan kombinasi yaitu metode deskriptor dan jaringan syaraf tiruan (JST). Data deskriptor ikan koi yang diperoleh selanjutnya dijadikan sebagai masukan dalam komputasi jaringan syaraf tiruan (JST) untuk identifikasi jenis kelamin ikan koi. JST dikembangkan dari proses sistem jaringan syaraf biologi di dalam otak, untuk penjelasan tambahan tentang hal ini dapat dilihat, misalnya pada Jaya dan Sriyasa (2004) serta pustaka yang ada didalamnya.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan teknik penentuan dini jenis kelamin ikan koi berdasarkan nilai deskriptor dan JST.

METODE

Tiga puluh Koi yang dipelihara dan dijadikan obyek penelitian adalah jenis koi lokal dengan umur ikan satu bulan. Pemeliharaan ikan dilakukan pada bak berukuran 2 x 3 m dan disekat dengan dimensi 20 x 30 cm. Penyekatan ini bertujuan agar ikan dapat dikenali, baik pada saat pengambilan data citra maupun pada proses pencocokan data citra dengan data jenis kela-

min ikan yang ditentukan secara histologis. Konfirmasi jenis kelamin koi di dapatkan melalui penentuan jenis kelamin ikan secara histologi.

Image atau citra didapatkan dari hasil pemotretan ikan pada satu sisi pemotretan yaitu pemotretan pada bagian atas ikan. Pemotretan bagian atas ikan ini dilakukan pada jarak 30 cm dari ikan dengan bidang pandang tegak lurus kamera (Gambar 1). Kemudian citra dimasukkan kedalam komputer dan disimpan dalam komputer dengan format JPEG. Pengambilan data dilakukan setiap hari dengan frekuensi pengambilan sebanyak satu kali. Dengan frekuensi pengambilan data sekali sehari ini diharapkan mampu memperlihatkan perubahan nilai data deskriptor yang lebih baik.

Setelah pengambilan foto selama tiga bulan dilakukan, kemudian ikan koi tersebut diambil data jenis kelaminnya sehingga didapatkan satu ekor ikan jantan dan satu ekor ikan betina yang memiliki ciri visual yang mirip, kemudian kedua ikan inilah yang nantinya akan dibandingkan data deskriptornya.

Penentuan jenis kelamin ikan percobaan dilakukan secara histologi dengan cara pemeriksaan pada jaringan gonad. Adapun prosedur pelaksanaannya yaitu gonad diambil dan ditanamkan pada gelas objek sampai halus dan ditambahkan beberapa tetes larutan asetokarmin. Setelah itu didiamkan beberapa menit dan diamati menggunakan mikroskop, dimana gonad ikan koi betina akan terlihat berukuran lebih besar dibandingkan dengan gonad ikan koi jantan.

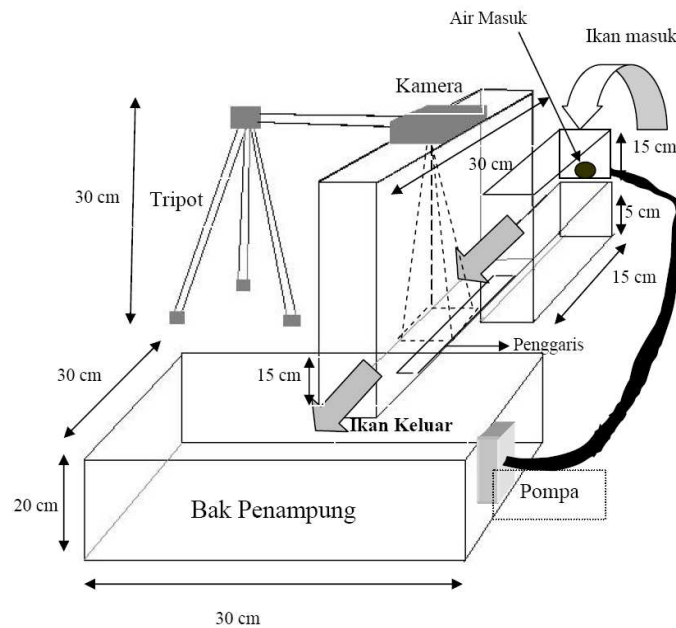
Penentuan deskriptor Ikan dengan Pengolahan Citra

Untuk mendapatkan nilai descriptor ikan, digunakan metode pengolahan citra dengan membaca citra digital secara keseluruhan dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Setiap piksel citra dibaca secara sistematis dari atas ke bawah.
2. Lakukan filtering warna berdasarkan nilai ambang objek.
3. Setelah objek didapatkan kemudian dilakukan binerisasi citra terfilter, dimana objek dan latar diberikan dua warna yang berbeda yaitu putih untuk objek dan hitam untuk latar. Pada tahap ini juga akan dihitung des-

kriptor indeks warna biru, merah, hijau, nilai hue, nilai saturasi, dan intensitas dari objek.

4. Dengan citra yang sudah biner ini dilakukan perhitungan deskriptor geometri.



Gambar 1. Teknik pengambilan data (foto Koi) dari hari ke hari.

Deteksi dilakukan dengan pembacaan piksel objek dengan menggunakan kaidah *8-Neighbors*, dimana piksel objek dikelilingi oleh 8 piksel lainnya. Perimeter objek yaitu jumlah piksel yang menyusun seluruh tepi objek, dimana perimeter dapat dihitung dengan:

$$\text{Perimeter} = \sum \text{Piksel}(t)(X,Y) \quad (1)$$

Pengukuran luas (area) objek dan latar belakang dilakukan dengan membedakan citra objek dengan latar belakangnya menggunakan citra biner. Objek berwarna putih sedangkan latar berwarna hitam. Luas objek dihitung dengan cara menghitung jumlah piksel yang berwarna putih.

$$\text{Area} = \sum \text{Piksel}(X,Y) \quad (2)$$

Lebar objek yaitu jarak atau selisih antara koordinat piksel tepi paling bawah dengan koordinat piksel paling atas,

$$\text{Lebar} = \text{Piksel}(X,Y_{\text{bawah}}) - \text{Piksel}(X,Y_{\text{atas}}) \quad (3)$$

Pengukuran deskriptor lebar menggunakan rumus diatas dilakukan bila gradien (X_{kanan}, Y) dan (X_{kiri}, Y) nol. Jika gradien tersebut tidak nol maka perhitungan deskriptor lebar dilakukan dengan menghitung panjang garis lurus yang tegak lurus dengan garis panjang, dengan memanfaatkan sifat gradien tegak lurus, yaitu:

$$m_1 m_2 = -1 \quad (4)$$

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (5)$$

$Y_2 = Y_{\text{bawah}}, Y_1 = Y_{\text{atas}}, X_2 = X_{\text{kanan}}, \text{ dan } X_1 = X_{\text{kiri}}$.

Panjang objek adalah selisih koordinat piksel tepi paling kanan dengan koordinat tepi paling kiri,

$$\text{Panjang} = \text{Piksel}(X_{\text{kanan}}, Y) - \text{Piksel}(X_{\text{kiri}}, Y) \quad (6)$$

Untuk konversi jumlah piksel kedalam nilai ukuran panjang (*milimeter*) pada setiap pemotretan dilakukan pada perbesaran dan jarak yang sama dengan penggaris sebagai kontrol.

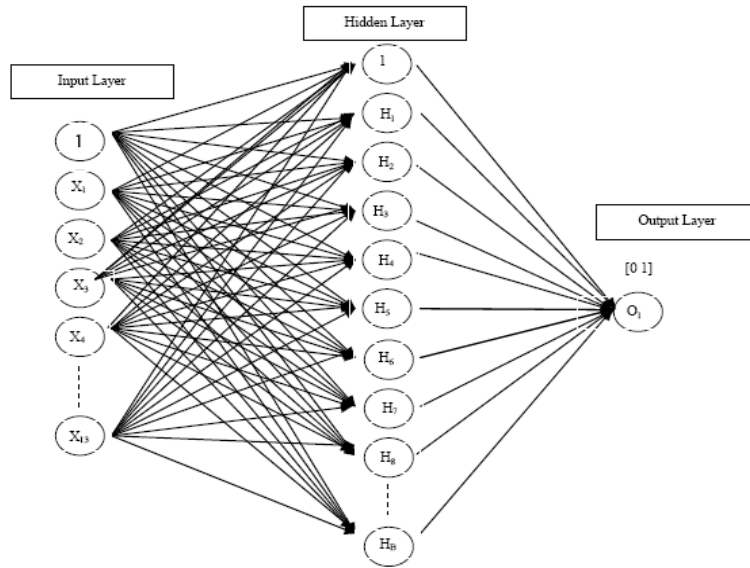
Model dan Algoritma JST Propagasi Balik

Model JST yang digunakan terdiri dari tiga lapisan, yaitu lapisan masukan (X_i), satu lapisan tersembunyi (*hidden layer*, H_i) dan lapisan keluaran O_1 (Gambar 2). Algoritma yang dipakai pada JST propagasi balik adalah sebagai berikut (Rich and Knight 2001):

1. Tentukan matrik X_A sebagai lapisan input, vector O_C sebagai lapisan output dengan C sebagai jumlah unit neuron, dan matrik H_B sebagai lapisan terselubung dengan B unit neuron. Tingkat aktivasi masing-masing la-

pisan adalah X_A sebagai tingkat aktivasi pada lapisan input, H_B sebagai tingkat aktivasi pada lapisan terselubung dan O_C sebagai ting-

kat aktivasi pada lapisan output. Normalisasi nilai input X_A dan target Y_C dalam selang $[0,1]$.



Gambar 2. Model struktur jaringan syaraf tiruan.

2. Bobot yang menghubungkan masing-masing layer adalah ω_{AB} merupakan bobot yang menghubungkan lapisan input dengan lapisan terselubung, V_{BC} merupakan bobot yang menghubungkan lapisan terselubung dengan keluaran. Tiap-tiap bobot harus bernilai acak dengan nilai antara -1 dan 1.
3. Inisialisasi aktivasi unit ambang, dimana nilai unit ini bersifat tetap dan tidak berubah, yaitu: $X_0 = 1.0$ dan $H_0 = 1.0$
4. Propagasi nilai aktivasi mulai dari unit-unit lapisan input ke unit-unit lapisan terselubung dengan menggunakan fungsi aktivasi:

$$H_B = \frac{1}{(1 + e^{-\sum \omega_{ij} x_i})} \quad (7)$$

$i = 0, \dots, A, j = 1, \dots, B, X_0$ selalu bernilai 1 (satu) dan ω_{0j} merupakan bobot *threshold* untuk unit ke- j lapisan terselubung.

5. Propagasikan aktivasi unit-unit lapisan terselubung ke unit-unit lapisan output dengan fungsi aktivasi:

$$O_c = \frac{1}{(1 + e^{-\sum V_{jk} h_j})} \quad (8)$$

$i = 0, \dots, B, j = 1, \dots, C, h_0$ selalu bernilai 1 (satu), V_{0k} merupakan bobot ambang unit ke- k lapisan output.

6. Hitung besar galat (δ_k) keluaran yang dihasilkan oleh lapisan output. Galat merupakan selisih antara output aktual network (O_k) dengan target (y_k).
7. Hitung besar galat (δ_j) unit-unit neuron pada lapisan terselubung sebagai berikut:

$$\delta_k = O_k (1 - y_k) (y_k - O_k), k = 1, \dots, C \quad (9)$$

$$\delta_j = H_j (1 - H_j) \sum \delta_k \omega_{jk}, j = 1, \dots, B \quad (10)$$

8. Sesuaikan bobot unit-unit neuron antara lapisan terselubung dengan lapisan output dengan memberikan nilai *learning rate* (β) yang menentukan kecepatan jaringan untuk melakukan training.

$$\Delta v_{jk} = \beta \delta_k H_j \quad (11.a)$$

$$V_{jk} = V_{jk} + \beta \delta_k H_j \quad (11.b)$$

$j = 0, \dots, B$ dan $k = 1, \dots, C$.

9. Sesuaikan bobot unit-unit neuron antara lapisan input dengan lapisan terselubung

$$\Delta \omega_{jk} = \beta \delta_k x_i \quad (12.a)$$

$$\omega_{jk} = \omega_{jk} + \beta \delta x_i \quad (12.b)$$

$i = 0, \dots A$ dan $j = 1, \dots B$.

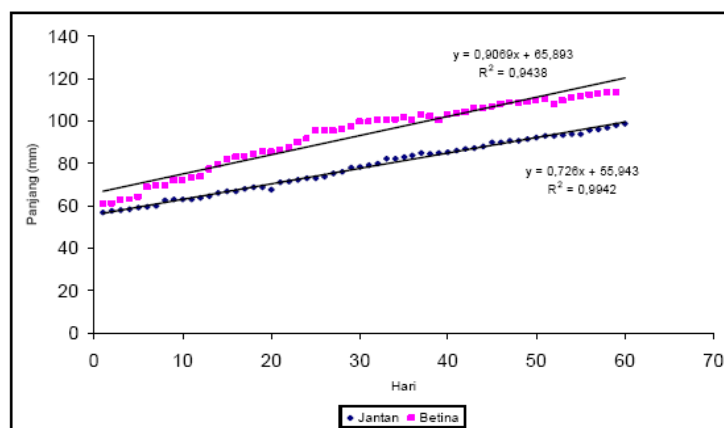
10. Kembali ke langkah 4 dan ulangi sampai dengan langkah 10, proses dihentikan sampai dengan O_k mendekati y_k , dengan menentukan nilai $E < 0.0001$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

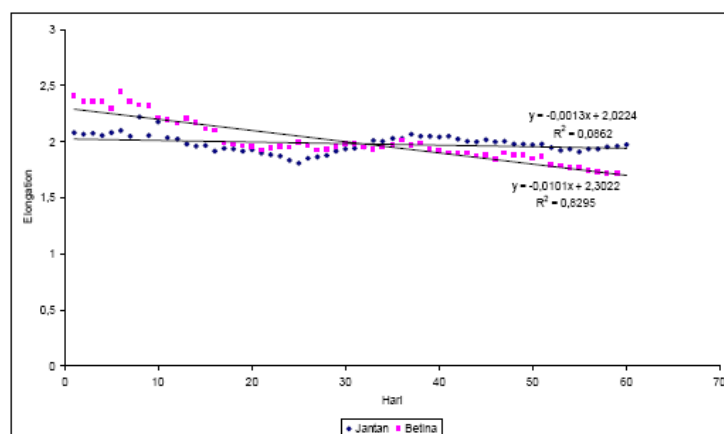
Karakteristik Deskriptor

Contoh hasil ekstraksi perkembangan dari nilai data descriptor dari hari ke hari seiring dengan pertumbuhan Koi ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4. Adapun rangkuman data deskriptor morfometrik (panjang, lebar, area, peri-

meter, *elongation*, *circularity* dan *rectangular*) dan *energetic* (indeks warna merah, biru, hijau, intensitas, hue dan saturasi) masing-masing ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Konsistensi perkembangan nilai data deskriptor, baik untuk morfometrik maupun energetik dinyatakan dalam koefisien R^2 . Berdasarkan nilai koefisien R^2 pada Tabel 1 dan 2 dapat dinyatakan bahwa deskriptor energetik sangat riskan digunakan sebagai parameter yang dapat membedakan jenis kelamin secara dini karena kecilnya nilai koefisien R^2 . Sebaliknya, seluruh data deskriptor morfometrik, kecuali *elongation*, mempunyai nilai koefisien R^2 yang besar dan uji beda nyata statistik dapat dengan nyata membedakan antara jenis kelamin jantan dan betina.



Gambar 3. Grafik pertumbuhan linear panjang ikan koi jantan (◇) dan betina (■) (Iqbal 2005)



Gambar 4. Grafik pertumbuhan linear *elongation* ikan koi jantan (◇) dan betina (■) (Iqbal 2005)

Hasil Pelatihan JST

Data yang dipakai dalam pelatihan adalah data deskriptor ikan yang terdiri dari luas, area,

perimeter, panjang, lebar, *elongation*, *circularity*, *rectangular*, indeks warna merah, indeks warna hijau, indeks warna biru, hue, saturasi dan intensitas.

Tabel 1. Rangkuman hasil pengolahan nilai deskriptor morfometrik dan uji statistik.

Deskriptor	Koi Jantan	Koi Betina	F _{hitung} (0.05)
Panjang (mm)	Kisaran: 57.10-98.97	60.66-113.49	Berbeda
	Rata-rata: 78.09	93.1	Nyata
	Simpangan baku: 12.72	16.03	
	R ² : 0.99	0.94	
Lebar (mm)	Kisaran: 27.41-50.21	25.26-59.66	Berbeda
	Rata-rata: 39.52	47.61	Nyata
	Simpangan baku: 6.85	11.76	
	R ² : 0.97	0.96	
Perimeter (piksel)	Kisaran: 1 769-6 978	2 800-14 980	Berbeda
	Rata-rata: 4 198.92	8 112.04	Nyata
	Simpangan baku: 1 398.97	3 686.28	
	R ² : 0.97	0.98	
Area (piksel)	Kisaran: 40 216-96 209	48 959-143 310	Berbeda
	Rata-rata: 64 431.13	107 449.37	Nyata
	Simpangan baku: 18 559.96	29 630.54	
	R ² : 0.95	0.91	
Elongation	Kisaran: 1.81 -2.22	1.72-2.44	Berbeda
	Rata-rata: 1.98	1.9997	Nyata
	Simpangan baku: 0.08	0.19007	
	R ² : 0.08	0.83	
Circulatory	Kisaran: 6.20-40.72	12.75-124.67	TIDAK
	Rata-rata: 22.39	50.82	Berbeda
	Simpangan baku: 8.47	33.64	Nyata
	R ² : 0.84	0.91	
Rectangular	Kisaran: 0.04-0.06	0.0298-0.0523	Berbeda
	Rata-rata: 0.05	0.0414	Nyata
	Simpangan baku: 0.0044	0.006	
	R ² : 0.45	0.93	

Tabel 2. Rangkuman hasil pengolahan nilai deskriptor energetik dan uji statistik.

Deskriptor	Koi Jantan	Koi Betina	F _{hitung} (0.05)
Indeks Warna Merah	Kisaran: 0.145-0.263	0.144-0.263	Berbeda
	Rata-rata: 0.178	0.228	Nyata
	Simpangan baku: 0.02	0.04	
Hijau	Kisaran: 0.215-0.243	0.147-0.263	TIDAK
	Rata-rata: 0.225	0.228	Berbeda
	Simpangan baku: 0.006	0.03	Nyata
	R ² : 0.002	0.14	
Biru	Kisaran: 0.494-0.633	0.475-0.709	Berbeda
	Rata-rata: 0.598	0.545	Nyata
	Simpangan baku: 0.02	0.07	
	R ² : 0.11	0.17	
Intensitas (nilai rata-rata RGB)	Kisaran: 89.09-118.31	90.04-113.99	Berbeda
	Rata-rata: 95.56	103.97	Nyata
	Simpangan baku: 5.86	4.53	
	R ² : 0.02	0.14	
Hue	Kisaran: 1.74-2.12	1.74-2.16	Berbeda
	Rata-rata: 2.004	1.85	Nyata
	Simpangan baku: 0.07	0.13	
	R ² : 0.17	0.24	
Saturasi	Kisaran: 89.025	89.94-113.6	Berbeda
	Rata-rata: 95.37	103.67	Nyata
	Simpangan baku: 5.79	4.48	
	R ² : 0.02	0.3	

Data dipilih secara acak sebanyak 50 set data untuk masing-masing pelatihan. Proses dilakukan dengan beberapa urutan langkah yaitu mencari jumlah *neuron* tersembunyi (*hidden layer*) yang sesuai, mencari nilai laju pembelajaran (*learning rate*) dan nilai *momentum* (kecepatan perubahan bobot *neuron*) yang sesuai, kemudian mencoba keduanya dengan beberapa jumlah iterasi yang berbeda. Nilai target galat yang digunakan pada setiap jaringan ini yaitu 0.0001, dengan nilai target sekecil ini diharapkan jaringan sudah cukup stabil pada saat mencapai nilai galat tersebut.

Pada proses pelatihan ini digunakan jumlah *neuron* tersembunyi 13, 26 dan 39 *neuron*, variasi nilai laju pembelajaran yaitu 0.3; 0.5 dan 0.9, variasi nilai *momentum* 0.3; 0.5 dan 0.9 serta jumlah iterasi 3 000; 5 000 dan 10 000 iterasi. Beberapa variasi pelatihan ini diharapkan akan ditemukan kecenderungan pelatihan terbaik yang akan digunakan dalam proses aktivasi.

Deskripsi statistik data deskriptor pelatihan

Pola penyebaran deskriptor data ikan koi jantan dan betina yang digunakan dalam proses pelatihan sangat menyebar dengan selang yang sangat jauh dan nilai simpangan baku yang sangat besar sehingga tidak ditemukan hubungan yang pasti antara deskriptor satu dengan deskriptor yang lainnya.

Dari Tabel 3. juga dapat dilihat bahwa secara deskriptif terdapat perbedaan yang cukup nyata antara data koi jantan dan data koi betina yang digunakan pada proses pelatihan.

Tabel 3. Deskripsi statistik data deskriptor ikan pada proses pelatihan

	Rata-rata	Simpangan baku	Maksimum	Minimum
Jantan	9 182.19	30 444.45	14 4554	0.0298
Betina	5 305.08	17 865.16	96 723	0.0389

Pelatihan data deskriptor koi jantan

Pada proses pelatihan terlihat bahwa JST yang baik adalah JST yang seimbang baik itu nilai laju pembelajaran, *momentum*, jumlah lapisan tersembunyi maupun jumlah iterasi. Jika salah satu nilai terlalu kecil maka JST akan terasa sangat lambat untuk mencapai keseimbangan sedangkan bila salah satu nilai terlalu besar maka kemungkinan terjadinya “*early*

stopping” semakin besar. Terjadinya *early stopping* pada pelatihan ini disebabkan karena umumnya data yang dihasilkan memiliki perbedaan nilai yang cukup kecil sehingga pada saat perhitungan nilai galat JST akan dihasilkan nilai galat yang kecil juga sehingga untuk mendapatkan nilai target galat yang diberikan pada umumnya tidak diperlukan iterasi yang banyak dan jumlah *neuron hidden* yang banyak. Setelah dilakukan beberapa pelatihan dengan kombinasi diatas maka untuk koi jantan ini didapatkan tiga tipe JST terbaik yaitu semua JST mempunyai nilai *momentum* yang sama yaitu 0.5 dengan variasi *learning rate* 0.3 jumlah *neuron hidden* adalah 39 dengan jumlah iterasi 3 000 kali sedangkan pada *learning rate* 0.5 jumlah *neuron hidden* adalah 39 dengan jumlah iterasi sebanyak 3 000 kali dan terakhir *learning rate* 0.9 jumlah *neuron hidden* adalah 39 dengan 10 000 kali iterasi. Ketiga tipe JST tersebut berhasil menduga semua target dengan benar (akurasi 100%).

Pelatihan data deskriptor koi betina

Seperti halnya pelatihan yang dilakukan pada ikan jantan, ikan betina juga harus seimbang antara nilai *momentum*, laju pembelajaran, jumlah *neuron hidden* maupun jumlah iterasi. Jika nilai laju pembelajaran dan *momentum* terlalu kecil maka perubahan nilai galat yang dihasilkan sangat lambat sehingga diperlukan jumlah iterasi yang banyak untuk mencapai syarat yang diberikan oleh JST tetapi jumlah iterasi yang diberikan juga tidak boleh terlalu besar karena perubahan nilai galat yang dihasilkan akan sangat kecil sehingga menyebabkan terjadinya *early stopping*, sebaliknya jika nilai laju pembelajaran yang diberikan terlalu besar maka JST akan menjadi tidak stabil akibat perubahan nilai galat dan bobot yang terlalu besar.

Dari hasil yang dilakukan didapatkan tiga buah tipe JST terbaik yaitu semua *momentum* memiliki nilai yang sama yaitu 0.5 dengan variasi nilai laju pembelajaran yaitu 0.3 maka JST terbaik menggunakan *neuron hidden* sebanyak 26 buah *neuron* dengan jumlah iterasi 10 000 kali, pada laju pembelajaran 0.5 didapatkan jumlah *neuron* 39 dengan 5 000 kali iterasi dan pada laju pembelajaran 0.9 didapatkan jumlah *neuron hidden* sebanyak 39 dengan iterasi sebanyak 10 000 kali. Ketiga tipe JST yang dipilih ini memiliki tingkat akurasi 100%.

Pelatihan terbaik yang didapatkan pada ikan jantan dan ikan betina berbeda hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya perbedaan yang nyata secara statistik pada sebagian besar deskriptor keduanya, sehingga untuk mencapai nilai maksimum yang disyaratkan oleh JST akan berbeda.

Tipe JST terbaik pada proses pelatihan

Dari beberapa pelatihan ikan koi jantan maupun betina yang dilakukan kemudian diambil masing-masing tiga tipe pelatihan terbaik (Tabel 4). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa semua JST memerlukan nilai perubahan bobot *neuron (momentum)* yang seimbang yaitu 0.5 artinya kecepatan perubahan bobot antara *neuron* yang satu dengan *neuron* pada lapisan berikutnya tidak boleh terlalu cepat atau terlalu lambat. Jumlah *neuron* tersembunyi yang dibutuhkan berkisar antara 2–3 kali banyaknya jumlah input.

Tabel 4. Tipe jaringan syaraf tiruan koi jantan dan betina pada proses pelatihan

	Jantan			Betina		
<i>Momentum</i>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<i>Learning Rate</i>	0.3	0.5	0.9	0.3	0.5	0.9
<i>Iterasi</i>	3 000	5 000	10 000	3 000	5 000	10 000
<i>Neuron hidden</i>	39	39	39	26	39	39
Akurasi	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Pengujian JST

Data pengujian ini dipilih secara acak sebanyak 10 *set* data baik ikan jantan maupun ikan betina Pengujian oleh JST dilakukan setelah didapatkan nilai-nilai bobot yang stabil pada proses pelatihan. Dari ke enam tipe pelatihan JST yang dilakukan kemudian dilakukan pengujian terhadap data yang belum pernah diberikan kepada masing-masing tipe JST.

1. Pendugaan ikan jantan

Tipe JST pada koi jantan dengan parameter *momentum* sama dengan 0.5, laju pembelajaran sama dengan 0.9, jumlah *neuron hidden* sama dengan 39 dan iterasi sebanyak 10 000 kali memberikan hasil yang terbaik pada kesepuluh data dugaan dengan tingkat akurasi yang dihasilkan sebesar 70% dengan 7 data ikan jantan dapat ditebak dengan benar dan 3 data tidak dapat ditebak dengan benar (Tabel 5). Tipe jaringan ini merupakan tipe jaringan yang paling

stabil dan telah memenuhi syarat yang diperlukan oleh jaringan.

2. Pendugaan ikan betina

Tipe JST pada koi betina dengan parameter *momentum* sama dengan 0.5, laju pembelajaran sama dengan 0.3, jumlah *neuron hidden* sama dengan 26 dan iterasi sebanyak 10 000 kali, cukup stabil dengan tingkat akurasi sebesar 70% dari 10 data validasi yang diberikan 7 data dapat ditebak dengan benar. Jaringan ini cukup stabil disebabkan nilai laju pembelajaran yang rendah dengan jumlah iterasi yang banyak sehingga penurunan nilai galat cukup stabil.

Tabel 5. Hasil dugaan JST pada tipe ketiga JST koi jantan

Data ke	Dugaan	Target	Error	Keputusan
1	0.582	1	0.418	Jantan
2	0.587	1	0.413	Jantan
3	0.501	1	0.499	Jantan
4	0.543	1	0.457	Jantan
5	0.545	1	0.455	Jantan
6	0.488	1	0.512	Betina*
7	0.474	1	0.526	Betina*
8	0.501	1	0.499	Jantan
9	0.515	1	0.485	Jantan
10	0.490	1	0.510	Betina*
Benar				7
Salah				3

Keterangan : * Dugaan salah

Tabel 6. Hasil dugaan JST pada tipe pertama JST koi betina

Data ke	Dugaan	Target	Error	Keputusan
1	0.362	0	0.362	Betina
2	0.366	0	0.366	Betina
3	0.492	0	0.492	Betina
4	0.439	0	0.439	Betina
5	0.498	0	0.498	Betina
6	0.545	0	0.545	Jantan*
7	0.487	0	0.487	Betina
8	0.511	0	0.511	Jantan*
9	0.503	0	0.503	Jantan*
10	0.406	0	0.406	Betina
Benar				7
Salah				3

Keterangan : * Dugaan salah

Keunggulan metode JST dibandingkan metode histologi dan morfologi

Berdasarkan hasil-hasil dugaan JST yang dikemukakan di atas dapat dinyatakan bahwa

pendugaan jenis kelamin koi, walaupun dengan tingkat akurasi yang masih rendah dan jumlah contoh yang sedikit, dengan menggunakan JST dapat diterapkan pada tingkat umur awal sebelum dapat dilakukan pendugaan menggunakan cara histologi maupun morfologi. Selain itu, kelebihan pendugaan menggunakan JST adalah tidak adanya kontak langsung dengan objek (koi) yang dideteksi, berbeda halnya dengan metode histologi dimana koi harus dibedah untuk dapat menentukan jenis kelamin.

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan deret waktu citra untuk melihat perkembangan nilai deskriptor koi dapat disimpulkan bahwa deskriptor morfometrik (geometrik) dengan baik, sedangkan deskriptor energetik (warna, pengaruh cahaya dan sifat biologi ikan yang mengikuti keadaan warna lingkungan) tidak memberikan hasil yang lebih baik. Selanjutnya, hasil analisis ragam menunjukkan bahwa nilai deskriptor yang dihasilkan koi jantan dan betina pada umumnya berbeda nyata, kecuali pada deskriptor *Elongation* dan deskriptor indeks warna hijau. Dengan demikian, teknik penentuan jenis kelamin secara dini dapat dilakukan dengan menggunakan nilai deskriptor morfometrik.

Selanjutnya, dapat disimpulkan pula bahwa pendugaan jenis kelamin koi menggunakan JST dapat dilakukan. Tipe algoritma JST yang digunakan berbeda untuk ikan jantan dan ikan betina sangat tergantung pada nilai laju pembelajaran, jumlah *neuron* tersembunyi dan jumlah iterasi yang dilakukan sedangkan nilai *momentum* yang digunakan sama yaitu 0.5. Tingkat akurasi terbaik yang diperoleh adalah 100% pada saat pelatihan baik pada ikan jantan maupun ikan betina sedangkan tingkat akurasi terbaik yang diperoleh pada saat validasi adalah sebesar 70%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Odang Carman yang membantu dalam penentuan jenis kelamin koi dengan cara histologi.

PUSTAKA

Fauziyah dan Jaya I. 2004. **Pengembangan perangkat lunak acoustic descriptor analyzer (ADA-Versi**

- 2004) untuk identifikasi kawanan ikan pelagis.** Jurnal Ilmu-ilmu Perairan, Vol. 11 (2): 87-92.
- Fauziyah dan Jaya I. 2005. **Penentuan karakteristik kawanan ikan pelagis dengan menggunakan deskriptor akustik.** Jurnal Ilmu-ilmu Perairan. Vol. 12(1): 1-8.
- Fauziyah dan Jaya I. 2005. **Klasifikasi ex-situ kawanan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di Selat Bali.** Jurnal Pesisir dan Lautan Indonesia. Vol 6. (1): 19-30.
- Haralabous J dan Georgakarakos S. 1996. **Artificial Neural Network as A Tool for Species Identification of Fish Schools.** ICES Journal of Marine Science, 53: 173-180.
- Iqbal M. 2005. **Penerapan metode jaringan syaraf tiruan untuk pendugaan jenis kelamin ikan: Studi kasus ikan koi (*Cyprinus carpio*).** Skripsi, Dept. ITK, FPIK, IPB, Bogor.
- Jaya I. 2002. **Acoustical study of the schooling behavior of Lemuru (*Sardinella lemuru*).** Fisheries Science, Vol. 68. 1881-1884.
- Jaya I dan Sriyasa W. 2004. **Fish school identification in the Ball Strait using acoustic descriptor and artificial neural networks technique.** International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences, Vol. 1 (1): 43-49.
- Jaya I dan Sriyasa W. 2005. **Perancangan dan implementasi program jaringan syaraf tiruan untuk analisis data akustik perikanan.** Buletin PSP Vol XIV (2): 47-58.
- Jaya I dan Fauziyah. 2005. **Remote measurement of fish school geometry using acoustic descriptors in the strait of Bali.** Indonesian Ocean Forum 2005.
- Jaya I dan Sriyasa W. 2006. **Aplikasi teknik jaringan syaraf tiruan untuk identifikasi jenis kawanan ikan.** Buletin PSP Vol XV (1): 20-28.
- Lawson GL, Barange M, dan Freon P. 2001. **Species identification of pelagic fish schools on the South African continental shelf using acoustic descriptors and ancillary information.** ICES Journal of Marine Science, 58: 275-287.
- Lu HJ dan Lee KT. 1994. **Species Identification of Fish Shoals from Echograms by An Echo-Signal Image Processing System.** Department of Fisheries Science, National Taiwan Ocean University. Keelung. Taiwan.
- Rich E dan Knight K. 2001. **Artificial intelligence.** 2nd edition. McGraw-Hill Inc. Toronto.