

Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan dan Pengolahan Citra untuk Identifikasi Jenis Karang

Roni Salambue

Jurusan Matematika FMIPA

Universitas Riau Pekanbaru 28293 Riau

Abstract

The research is using the implementation of artificial neural network (ANN) to identify the type of coral from digital image. An ANN is an information-processing system that has certain performance characteristics in common with biological neural networks. ANN have been developed as generalizations of mathematical models of neural biology, input to ANN are color and shape information from image. For the extraction of the information, the methods of image processing is used which are RGB and HSV color model and moment invariant for shape.

Keywords : Artificial Neural Network, Image, Color, Shape

Pendahuluan

Pada penelitian ini dibahas aplikasi jaringan syaraf tiruan (JST) untuk pengenalan pola dengan objek penelitian adalah citra. Citra (istilah lain untuk gambar) adalah komponen multimedia yang memberikan informasi dalam bentuk visual. Agar informasi yang terdapat pada citra dapat diinterpretasikan oleh komputer, maka citra tersebut perlu dimanipulasi lebih lanjut. Pengolahan citra adalah teknik memproses gambar dengan jalan memanipulasinya menjadi informasi yang diinginkan untuk mendapatkan informasi tertentu. Sedangkan pengenalan pola adalah pengelompokan data numerik dan simbolik citra secara otomatis oleh komputer dengan tujuan untuk mengenali suatu objek dalam citra. Manusia dapat mengenali objek yang diihatnya karena otak manusia telah belajar mengklasifikasi objek-objek di alam sehingga mampu membedakan suatu objek dengan objek lainnya. Kemampuan visual manusia inilah yang ditiru oleh komputer dengan menerima masukan objek citra yang kemudian diidentifikasi, citra tersebut diolah dan diproses sehingga memberikan keluaran berupa deskripsi objek dalam citra.

JST dikembangkan sebagai generalisasi model matematik dan jaringan syaraf manusia (Fausett. 1994). Beberapa penelitian yang berhasil mengaplikasikan JST untuk menyelesaikan permasalahan identifikasi dengan pengolahan citra, diantaranya adalah identifikasi mata untuk pengenalan wajah (Eide et al. 1994), klasifikasi terumbu karang

(Marcos et al. 2005) dan identifikasi penyakit kanker paru-paru (Thou et al. 2002).

Dalam penelitian ini ada tiga tahapan yang dilakukan yaitu ekstraksi ciri, penerapan JST dengan algoritma backpropagation dan pengukuran kinerja sistem. Tahap ekstraksi ciri merupakan proses untuk mereduksi dimensi citra dengan melakukan segmentasi citra berdasarkan warna dan bentuk. Metode yang digunakan adalah model warna RGB, HSV dan momen statistik. Hasil ekstraksi ciri ini digunakan untuk input JST. Dengan dimensi yang kecil diharapkan waktu pelatihan JST lebih cepat. Selanjutnya JST diproses dengan algoritma pelatihan backpropagation sehingga memberikan keluaran sesuai dengan pola yang terbentuk pada inputnya. Penilaian kinerja sistem dilakukan dengan mengukur konvergensi dan generalisasi keluaran sistem.

Pemilihan objek citra karang didasari karena karang memiliki variasi warna, tekstur dan bentuk yang beranekaragam, tidak seperti wajah atau sidik jari yang mempunyai derajat kemiripan yang tinggi dan memiliki ciri yang terdefinisi dengan baik. Karang adalah objek tiga dimensi yang dapat dilihat berbeda dan bermacam-macam perspektif dan skala (Marcos et al. 2005). Karang memiliki tiga warna yaitu: (1) warna yang dilihat di dalam air, (2) warna yang dilihat ketika karang diambil dan (3) warna yang dihasilkan dan hasil fotografi (Veron. 1986).

Bahan dan Metode Penelitian

Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data

primer diambil dan buku tentang karang (Suharsono. 2005, Veron. 1986) dengan alat pindal (scanner). Sumber data sekunder diperoleh dari Australian Institute of Marine Science di situs www.aims.gov.au dalam format JPG.

Tabel 1. Nama Jenis dan Jumlah Citra Karang

No.	Nama Karang	Jumlah
1	Madracis	15
2	Palauastrea	15
3	Pocillopora	15
4	Seriatopora	15
5	Stylophora	15

Representasi Citra Digital

Citra digital adalah suatu fungsi identitas cahaya dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y menunjukkan koordinat spasial. Nilai $f(x,y)$ pada tiap titik menunjukkan tingkat keabuan (gray level) citra pada titik tersebut (Gonzales & Woods 2002). Citra digital dapat berupa citra dalam skala keabuan atau citra berwarna (color). Setiap citra direpresentasikan dalam bentuk matriks berukuran $m \times n$, dimana m dan n menunjukkan banyaknya elemen baris dan kolom pada matriks tersebut.

$$f(x,y) = \begin{pmatrix} f(x_1,y_1) & \dots & f(x_1,y_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(x_m,y_1) & \dots & f(x_m,y_n) \end{pmatrix}$$

Gambar 1. Representasi citra digital berukuran $n \times m$.

Ekstraksi Ciri

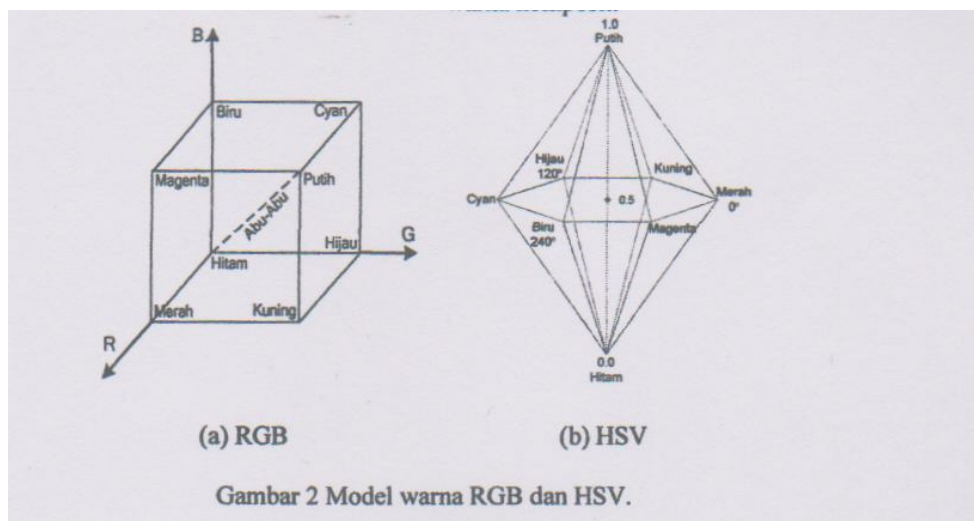
Tujuan ekstraksi ciri (feature extraction) adalah untuk mereduksi data sebenarnya dengan melakukan pengukuran terhadap properti atau ciri tertentu yang membedakan pola masukan (input) satu dengan yang lainnya (Duda et al. 2001). Ciri yang menjadi masukan memiliki karakteristik dan dapat mendeskripsikan properti yang relevan dan citra ke dalam ruang ciri (feature space) dalam dimensi D . Path persamaan dibawah ini pixel dari citra grayscale ditransformasikan ke dalam ruang vektor (feature vector).

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_D] \tag{1}$$

dimana x , adalah vektor ciri dan D adalah dimensi dan vektor ciri.

Segmentasi Warna

Menurut Pitas (1993), model warna ROB mengandung tiga komponen warna yaitu merah (Red), hijau (Green) dan biru (Blue) atau disebut juga sebagai warna primer. Model warna ROB didasarkan path sistem koordinat cartesian berbentuk kubus. Rentang nilai R , G dan B merupakan representasi semua vektor warna dalam ruang tiga dimensi R-G-B. Model warna ROB merupakan kombinasi dari tiga lapisan warna sehingga menghasilkan satu warna komposit.



Gambar 2 Model warna RGB dan HSV.

Pengambilan nilai informasi masing-masing unsur warna dilakukan dengan

menormalisasi setiap unsur warna dengan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad (2)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \quad (3)$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \quad (4)$$

Untuk mendapatkan informasi tentang ragam, pencahayaan dan intensitas warna path suatu citra maka citra ROB dikonversi ke dalam model warna hue, saturation, value (HSV), yaitu:

- Hue berhubungan dengan ragnai warna adalah nilai sudut antara vektor warna aktual dan vektor warna referensi.
- Saturation berhubungan dengan kecerahan warna adalah persentasi dan pencahayaan ditambah warna referensi.
- Value berhubungan dengan mtensitas warna.

Untuk mengbitung nilai HSV berdasarkan nilai ROB dilakukan dengan persarnaan berikut:

$$H = 0 + 60 \left[\frac{(G-B)}{(Max-Min)} \right]; R = Max \quad (5)$$

$$H = 120 + 60 \left[\frac{(B-R)}{(Max-Min)} \right]; G = Max \quad (6)$$

$$H = 240 + 60 \left[\frac{(R-G)}{(Max-Min)} \right]; B = Max \quad (7)$$

$$S = \frac{(Max - Mm)}{Max} \quad (8)$$

$$V = Max \quad (9)$$

dimana Max adalah nilai maksimum dan Mm nilai minimum dan citra RGB.

Segmentasi Bentuk

Segmentasi bentuk adalah proses mengelompokkan citra ke thiam vektor yang dihasilkan oleh fungsi posisi dan arab piksel citra dalam bidang dua dimensi. Salah satu pendekatannya adalah menganalisa tekstur dan citra yang diamati. Tujuan analisa tekstur adalah memperoleh beberapa parameter yang dapat digunakan dalam menggolongknn tekstur tertentu. Hasilnya menjadi referensi dalam mendeskripsikan bentuk obyek (Nixon & Aguado 2002).

Menurut Gonmlez dan Woods (2002) untuk mendapatkan nilai-nilai tekstur dilakukan dengan menghitung momen statistik intensitas

histogram dan sebuah citra grayscale. Nilai yang dihitung adalah rata-rata intensitas (mean), standar deviasi, kehalusan permukaan (smoothness), kesimetrisan histogram (third moment), ragam variasi gray level (*uniformity*) dan keteracakan distribusi (entropy). Untuk menghitung nilai-nilai tersebut dilakukan dengan persamaan berikut:

$$Mean, m = \sum_{i=1}^{L-1} z_i p(z_i) \quad (10)$$

$$Standard\ deviation\ \sigma = (\mu_2(z))^{1/2} \quad (11)$$

$$Smoothness\ R = 1 - \frac{1}{(1+\sigma^2)} \quad (12)$$

Third Moment

$$\mu_3 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i) \quad (13)$$

$$Uniformity\ U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i) \quad (14)$$

Entropy

$$e = \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i) \quad (15)$$

dengan z_i = intensitas citra

p = probability

μ_n =moment ke n

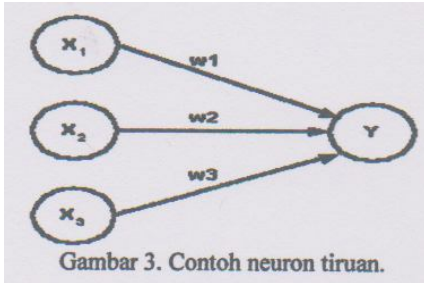
Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik tertentu, yaitu (Fausett,1994):

- Arsitektur yang merupakan pola- pola hubungan antar neuron.
- Metode penentuan bobot-bobot pada hubungan yang disebut pelatihan (training) atau pembelajaran (learning).
- Fungsi aktivasi yang dijalankan masing-masing neuron pada input jaringan untuk menentukan sinyal output.

Setiap neuron memiiki aktivasi berupa suatu fungsi dan input yang diterima dan menginimnya sebagai sinyal ke beberapa neuron yang lain. Sebagai contoh neuron Y path Gambar 4 menerima input dan neuron X1, X2, dan X3. Aktivasi atau sinyal output dan ketiga neuron tersebut adalah x1, x2, dan x3. Bobot pada hubungan dan X1, X2, dan X3 ke neuron Y adalah w1, w2, dan w3. Input janganan y_in ke Y adalah jumlah perkalian antara sinyal x1, X2, dan x3 dengan bobotnya seperti berikut:

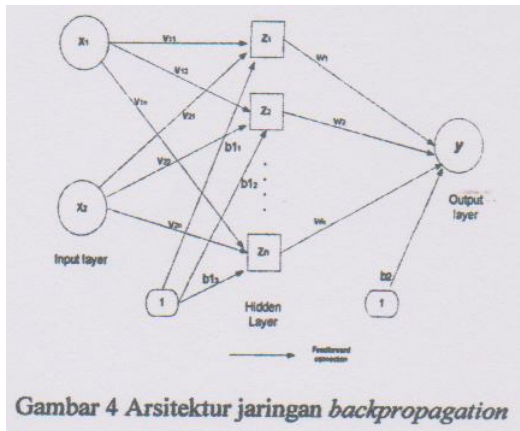
$$y_{in} = x_1w_1 + x_2w_2 + x_3w_3 \quad (16)$$



Aktivasi y dan neuron Y diperoleh dan fungsi aktivasi dan jaringan inputnya,yaitu:

$$y = f(y_{in}). \quad (17)$$

Pada penelitian ini digunakan algoritma pelatihan backpropagation. Algoritma ml pada awalnya adalah hasil generalisasi aturan pembelajaran Widrow-Hoff pada jaringan dengan layer jamak dan fungsi transfer nonlinear. Vektor input dan vektor output anggota berkorespondensi digunakan untuk melatih jaringan hingga fungsi mencapai nilai galat tertentu. Jaringan ml memiliki arsitektur lapisan jamak (multilayer) yaitu suatu JST dengan satu layer input, satu atau lebih layer hidden (hidden layer), dan satu layer output.



Ada tiga tahap pelatihan path JST backpropagation yaitu pelatihan input yang bersi fat umpan balik (feed forward), perhitungan galat propagasi balik, dan penyesuaian bobot (Fausett. 1994). Inisialisasi bobot yang digunakan pada penelitian ini adalah Nguyen-Widrow. Inisialisasi NguyenWidrow didefinisikan sebagai berikut:

- Hitung harga faktor pengali β

$$\beta = 0.7n\sqrt{p} \quad (18)$$

- dengan β = faktor pengali
- n =jumlah neuron pada lapisan input
- p=jumlah neuron pada lapisan hidden
- Untuk setiap unit hidden (j=1,2,...,p):
- Hitung v_j (lama) yaitu bilangan acak diantara -0.5 dan 0.5 (atau diantara $-\gamma$ dan $+\gamma$)
- Tentukan bobot baru:

$$v_{ij}(\text{baru}) = \frac{\beta v_{ij}(\text{lama})}{\|v_j(\text{lama})\|} = \frac{\beta v_{ij}(\text{lama})}{\sqrt{\sum_{i=1}^p v_{ij}^2(\text{lama})}} \quad (19)$$

dengan i=unit input layer (i=1,2,...,n)

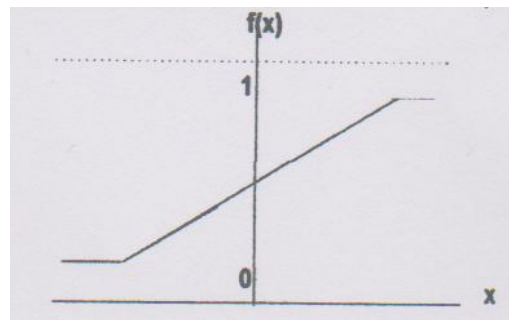
Setelah bobot diinisialisasi, proses pelatihan dimulai path tahap feed forward. Pada tahap panjar maju, masing-masing neuron input (X1) menerima sinyal input dan menyebarkannya ke tiap neuron hidden (Z1...4). Masing-masing neuron hidden menghitung aktivasi dan menyebarkan sinyal ke tiap neuron output. Masing-masing neuron output menghitung aktivasi untuk membentuk respon jaringan terhadap pola input yang diberikan.

Pada tahap pelatihan (*backpropagation*), masing-masing neuron output membandingkan nilai aktivasi dengan nilai targetnya sehingga diperoleh galat δ_k ($k=1,2,\dots,m$). Begitu juga galat δ_j ($j=1,2,\dots,p$) dihitung pada masing-masing neuron hidden. Fungsi aktivasi yang umum digunakan adalah fungsi aktivasi sigmoid biner (Gambar 5) yang memiliki range (0,1) dan didefinisikan sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (20)$$

Fungsi ml kontinu dan mempunyai turunan

$$f'(x) = f(x)[1 - f(x)] \quad (21)$$



Garnbar 5. Sigmoid biner dengan range (0,1).

Pengukuran Kinerja Sistem

Kineija sistem diukur dengan menggunakan parameter konvergensi dan generalisasi. Konvergensi adalah tingkat kecepatan jaringan mempelajari pola input yang dinyatakan dalam satuan waktu atau satuan epoch. Satu epoch adalah proses satu kali perulangan untuk melatih semua pasangan data pelatihan (Kusumadewi & Hartati 2006). Generalisasi adalah tingkat pengenalan jaringan dalam mengenali sejumlah pola yang diberikan. Secara matematis generalisasi dapat ditulis sebagai berikut (Hoekstra 1998):

$$\text{Generalisasi} = \frac{\text{Jumlah pola yang dikenali}}{\text{Jumlah seluruh pola}} \times 100\% \quad (22)$$

Hasil dan Pembahasan

Ada tiga tahap utama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu ekstraksi ciri, pelatihan dan pengujian JST. Citra yang digunakan untuk pelatihan berjumlah 75 pada 5 jenis karang (masing-masing jenis karang memiliki 15 citra data pelatihan). Tiga tahapan tersebut diimplementasikan menggunakan perangkat lunak MATLAB untuk perhitungan matematis (komputasi), membentuk matrik dari data citra, pelatihan dan pengujian JST.

Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri dilakukan untuk mereduksi dimensi citra dengan proses segmentasi warna dan bentuk. Sebelum dilakukan ekstraksi ciri terhadap setiap citra, terlebih dulu citra dikonversi ke dalam bentuk matrik dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Matrik hasil konversi merupakan

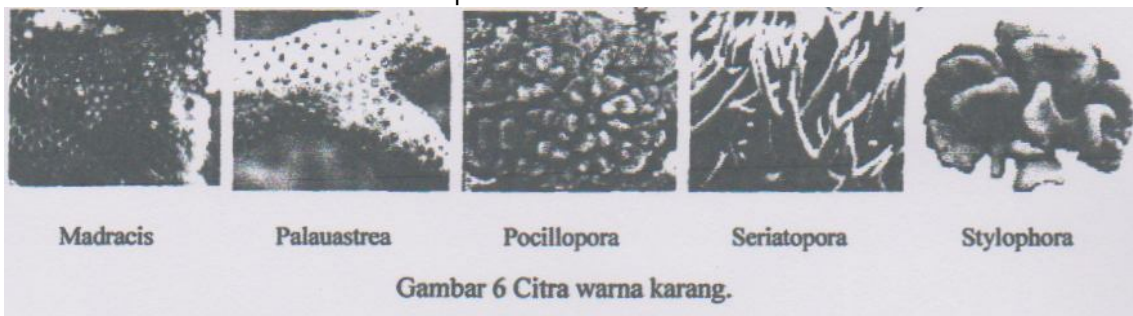
matrik 3 dimensi yang menjadi data input proses segmentasi warna dan bentuk.

Dalam proses segmentasi warna, data matrik tersebut dihitung dengan metode RGB-HSV, terutama sistem mengambil nilai informasi warna merah, hijau dan biru (RGB) dengan persamaan (2), (3) dan (4). Selanjutnya sistem mengambil informasi ragam, pencahayaan dan intensitas warna menggunakan metode HSV berdasarkan nilai warna maksimum dan minimum dan 3 warna yang dihasilkan oleh metode RGB. Jika warna merah maksimum maka nilai Hue dihitung dengan persamaan (5), jika warna hijau maksimum maka nilai Hue dihitung dengan persamaan (6) dan jika warna biru maksimum maka nilai Hue dihitung dengan persamaan (7). Nilai Saturation dihitung dengan persamaan (8) dan nilai Value dengan persamaan (9). Output dari proses segmentasi warna ini akan menghasilkan suatu vektor dengan dimensi 6.

Selanjutnya pada segmentasi bentuk matrik 3 dimensi itu dikonversi ke matrik 2 dimensi. Matrik ini yang dijadikan data input proses segmentasi bentuk menggunakan persamaan (10), (11), (12), (13), (14) dan (15) yang akan menghasilkan vektor dengan jumlah dimensi yang sama pada segmentasi warna yaitu 6.

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas berikut ini disajikan 5 jenis citra karang yang digunakan.

Dari citra di atas dihitung waktu proses ekstraksi ciri (Tabel 2), nilai segmentasi warna (Tabel 3) dan nilai segmentasi bentuk (Tabel 4).



No	Proses	Waktu (detik)	Jumlah Citra
1	Konversi citra ke matriks	0.218	75
2	Segmentasi warna	0.374	75
3	Segmentasi bentuk	0.468	75

Tabel 3 Nilai segmentasi warna

Nilai	Madracis	Palauastrea	Pocillopora	Seriatopora	Stylophora
R	105.02	137.35	95.372	131.05	144.46
G	86.489	125.45	98.018	88.027	151.86
B	98.422	127.95	79.167	89.589	173.33
H	0.66335	0.47735	0.30629	0.48825	0.62461
S	0.2417	0.18704	0.2538	0.50606	0.19152
V	0.43028	0.55904	0.39971	0.52061	0.67971

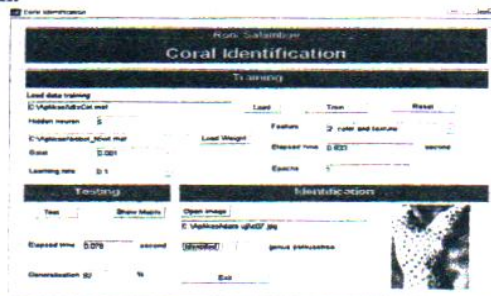
Tabel 4 Nilai segmentasi bentuk

Nilai	Madracis	Palauastrea	Pocillopora	Seriatopora	Stylophora
Mean	93.397	129.3	95.078	101.08	152.11
Std Deviation	50.981	56.999	47.338	69.083	69.409
Smoothness	0.038434	0.047586	0.033314	0.068377	0.068979
Third moment	1.2986	-0.20412	0.48993	2.5255	0.40465
Uniformity	0.005926	0.0051936	0.0059329	0.0046922	0.084749
Entropy	7.5699	7.7083	7.5343	7.8562	6.1682

Pelatihan dan Pengujian JST

Pada proses pelatihan, JST terlebih dahulu dilatih untuk membentuk model referensi jenis karang. Setelah tahap pelatihan selesai dilakukan, JST dapat digunakan untuk melakukan pencocokan pola. Jumlah *neuron* pada lapisan *output* (*neuron output*) sama dengan jumlah kelas yang akan diklasifikasi (banyak jenis karang), sedangkan untuk menentukan jumlah *neuron* pada lapisan tersembunyi (*neuron hidden*) dilakukan metode *trial and error*. Untuk inisialisasi bobot awal digunakan inisialisasi secara random dan fungsi aktivasi sigmoid biner. Penggunaan sigmoid biner sesuai untuk pengenalan dengan selang berada antara 0 dan 1. Target menggunakan nilai 1 pada *neuron output* untuk jenis yang bersesuaian dan 0 untuk sebaliknya. Toleransi galat ditentukan pada 10^{-3} dan laju pembelajaran yang digunakan adalah 0,01. Jumlah *epoch* maksimal yang ditetapkan adalah 3000. Hal ini diperlukan sebagai kriteria henti jaringan di samping toleransi galat untuk membatasi waktu yang disediakan bagi jaringan dalam melakukan pelatihan.

Dalam menentukan jumlah *neuron hidden*, dilakukan pada laju pembelajaran 0,01 dan toleransi galat 10^{-3} . Jumlah awal *neuron hidden* dibuat sama dengan 5. Toleransi galat yang cukup kecil diharapkan akan memberikan hasil yang cukup baik. Jika ternyata JST gagal mencapai kekonvergenan maka akan dilakukan penambahan jumlah *neuron hidden* sampai kekonvergenan tercapai. Jika JST berhasil mencapai kekonvergenan maka akan dilihat generalisasinya (yaitu perbandingan pola yang dikenal dengan keseluruhan pola yang ada) dan dilakukan penambahan *neuron*. Jika ternyata generalisasi yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan generalisasi sebelumnya maka JST telah sampai pada batas optimal. Penambahan kembali *neuron hidden* tidak akan menambah generalisasi dan hanya akan menambah waktu komputasi. Berikut ini disajikan tampilan aplikasi (Gambar 7) dan matrik hasil pengujian (Gambar 8) yang dirancang dan hanya dapat digunakan dalam lingkungan perangkat lunak MATLAB.



Gambar 7 Aplikasi identifikasi jenis karang.

Matrik Target				
5	0	0	0	0
0	5	0	0	0
0	0	4	0	1
0	0	0	5	0
0	0	1	0	4

Gambar 8 Matrik citra karang yang dikenali dari data uji.

Proses pengujian dilakukan pada setiap jenis karang, masing-masing jenis terdiri atas 5 citra sehingga secara keseluruhan terdapat 25 citra yang menjadi data uji yang tidak termasuk dalam data pelatihan. Dari proses tersebut diamati dan diambil tingkat pengenalan (generalisasi) yang dihasilkan.

Dari tabel diatas terlihat generalisasi yang dihasilkan terhadap data uji sebesar 92% (23 citra yang dikenali dari 25 citra). Proses pengenalan JST dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 5 Pelatihan dan pengujian JST

Pelatihan	<i>Neuron Hidden</i>	5
	Toleransi Galat	10^{-3}
	Epoch	2591
	Waktu (detik)	16.899
Pengujian	Dikenal	23/25
	Generalisasi (%)	92

Tabel 6 Matriks citra yang dikenali

Citra	Madracis	Palauastrea	Pocillopora	Seriatopora	Stylophora
Madracis	5	0	0	0	0
Palauastrea	0	5	0	0	0
Pocillopora	0	0	4	0	1
Seriatopora	0	0	0	5	0
Stylophora	0	0	1	0	4

Pada jenis karang *Madracis*, *Palauastrea* dan *Seriatopora* dari seluruh citra uji semuanya teridentifikasi dengan benar. Pada jenis karang *Pocillopora* 4 citra teridentifikasi dengan benar dan 1 citra salah dimana 1 citra diidentifikasi sebagai jenis *Stylophora*. Begitu juga pada jenis *Stylophora* 4 citra teridentifikasi dengan benar dan 1 citra salah dimana 1 citra diidentifikasi sebagai jenis karang *Pocillopora*. Kesalahan yang terjadi pada jenis *Pocillopora* terjadi karena ada kesamaan bentuk dengan jenis *Stylophora*.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Ekstraksi ciri dengan proses segmentasi warna dan bentuk berfungsi untuk mereduksi dimensi citra sehingga dihasilkan nilai *sample* yang merepresentasikan informasi citra untuk masukkan JST.
2. Dengan masukkan yang lebih sedikit waktu komputasi JST lebih cepat.
3. Kesalahan identifikasi disebabkan karena bias yang terjadi pada bentuk karang.

Daftar Pustaka

- Duda R, Hart P and Stork D. 2001. *Pattern Classification*, Second Edition. John Wiley and Sons Inc., Canada.
- Eide A, Jahren C, Jorgensen S, Lindblad T, Lindsey CS and Osterud K. 1994. Eye Identification for Face Recognition with Neural Networks. http://www.it.hiof.no/prosjekter/hoit/html/nr2_96/eye_id.html (12 April 2008).
- Fausett L. 1994. *Fundamentals of Neural Networks (Architectures, Algorithms, and Applications)*. Prentice-Hall, New Jersey.
- Gonzalez RC, Wood RE. 2002. *Digital Image Processing*, Second Edition. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Hoekstra A. 1998. Generalisation in Feed Forward Neural Classifiers. [dissertations] Netherlands: Delft Universiteit, Netherlands.
- Kusumadewi S, Hartati S. 2006. *Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Marcos MSAC, Soriano MN, Saloma CA. 2005. Classification Of Coral Reef Images From Underwater Video Using Neural Networks. *Optical Society of America*.
- Nixon MS, Aguado AS. 2002. *Feature Extraction and Image Processing*. British Library Cataloguing in Publication Data. England.
- Pitas I. 1993. *Digital Image Processing Algorithms*. Prentice Hall, London.
- Suharsono. 2005. *Jenis-Jenis Karang di Indonesia*. PUSLIT Oseanografi LIPI Press, Jakarta.
- Veron JEN. 1986. *Coral of Australia and Indo-Pacific*. Angus and Robertson Publisher, Australia.
- Zhou Zhi-Hua, Jiang Yuan, Yang Yu-Bin, Chen Shi-Fu. 2002. Lung Cancer Cell Identification Based on Artificial Neural Network Ensembles. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2002, vol.24, no.1, pp.25-36.