



## Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Sebagai Sistem Pengenalan Citra Daging Babi dan Citra Daging Sapi

Ahmad Farid Hartono ✉, Dwijanto, Zaenal Abidin

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia  
Gedung D7 lantai 1 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Juni 2012  
Disetujui Agustus 2012  
Dipublikasikan  
Nopember 2012

Keywords:  
backpropagation  
jaringan syaraf tiruan  
principal component analysis

### Abstrak

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu teknik klasifikasi yang cukup handal dikarenakan kemampuannya dalam memprediksi ataupun mengenali suatu citra. JST mampu belajar dari data yang dilatihkan kepadanya. Oleh karena itu, penelitian ini membahas tentang sistem pengenalan citra daging babi dalam upaya mengenali citra daging babi dan citra daging sapi. Penelitian ini memanfaatkan sensitivitas dari JST backpropagation dan pengolahan citra digital dengan Principal Component Analysis (PCA) sebagai pengekstraksi ciri dari sebuah citra. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya variasi jumlah neuron hidden layer dan learning rate dalam arsitektur JST untuk mendapatkan arsitektur jaringan yang optimal. Dari hasil pengujian diperoleh recognition rate 88,3 % dengan parameter arsitektur jaringan learning rate: 0,2, jumlah neuron hidden layer: 20, target error: 0,001, dan jumlah epoch: 100.

### Abstract

Artificial Neural Network (ANN) is a classification technique that is reliable due to its ability to predict or identify an image. ANN is able to learn from trained data. Therefore, this study discusses a system of meat recognition to recognize pork and beef. The study uses a backpropagation neural network as a classifier and the Principal Component Analysis (PCA) as a feature extraction. The results show that variation of number of hidden layer neurons and learning rates on the architecture of the ANN to get an optimal neural network architecture. The result of test get recognition rate 88.3 % with following parameters learning rate: 0.2, sum of hidden layer neurons: 20, error target: 0.001, and epoch: 100.

## I. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini sering muncul kasus-kasus keamanan daging sapi seperti pemalsuan daging sapi dengan babi. Kondisi ini tentu saja bisa merugikan konsumen daging sapi terutama konsumen di pasar-pasar tradisional. Ketidaktahuan mereka tentang cara membedakan daging sapi dengan daging babi menjadikan konsumen hanya asal membeli daging. Guna melindungi konsumen dari penipuan ini, maka perlu adanya suatu alat atau sistem yang dapat membantu masyarakat untuk mengenali daging sapi dan daging babi.

Teknologi pengenalan pola saat ini telah banyak mengalami perkembangan. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk membantu menyelesaikan masalah ini adalah membuat suatu sistem yang dapat mengenali jenis daging berdasarkan citra daging. Metode yang bisa digunakan untuk membuat sistem tersebut adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST) backpropagation.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah (1) Bagaimanakah menciptakan suatu sistem yang dapat mengenali citra daging babi dan citra daging sapi menggunakan metode jaringan syaraf tiruan backpropagation? (2) Berapa besar tingkat akurasi sistem dalam mengenali citra daging babi dan citra daging sapi?

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Merancang suatu sistem yang dapat mengenali citra daging babi dan citra daging sapi menggunakan metode jaringan syaraf tiruan backpropagation. (2) Mengetahui tingkat akurasi sistem dalam mengenali jenis daging. (3) Menentukan arsitektur JST yang optimal untuk sistem dalam mengenali citra daging babi dan citra daging sapi.

Jaringan Syaraf Tiruan didefinisikan sebagai suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf manusia (Hermawan, 2006). Backpropagation merupakan suatu metode pelatihan yang meminimalisasikan total error pada keluaran yang dihitung oleh jaringan (Halim dkk, 2004). Backpropagation melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan mengenali pola yang digunakan selama training serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa namun tidak sama dengan pola yang dipakai selama pelatihan (Siang, 2005:119).

Dalam perancangan sistem pengenalan

daging menggunakan JST, perlu adanya proses yang lain yaitu pengolahan citra digital. Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik (Sari, 2010). Pengolahan citra digital dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengenali pola suatu citra. Pengenalan pola adalah mengelompokkan data numerik dan simbolik (termasuk citra) secara otomatis oleh komputer. Tujuan pengelompokkan adalah untuk mengenali suatu objek didalam citra.

Untuk citra berwarna (RGB) data numerik yang dihasilkan dalam proses pengolahan citra digital ukurannya sangat besar. Hal ini akan memberatkan proses pengolahan data dalam komputer. Untuk itulah diperlukan suatu metode untuk mereduksi dimensi data. Principal Component Analysis (PCA) adalah metode untuk mengidentifikasi pola data dan mengekspresikan data dengan melihat persamaan dan perbedaannya (Abidin, 2010). Tujuan dari PCA adalah mengurangi jumlah dimensi tanpa banyak kehilangan informasi.

Dalam pengolahan citra digital, diperlukan suatu software yang dapat membantu mengimplementasikan citra menjadi sebuah angka-angka yang selanjutnya dapat diolah menjadi suatu informasi. Menurut Iqbal (2009), Matlab adalah sebuah bahasa dengan (high-performance) kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik.

Setelah dilakukan pemodelan data untuk sistem pengenalan, maka hal yang harus dikerjakan selanjutnya adalah menentukan seberapa besar akurasi sistem tersebut dalam mengenali data set pengujian. Suatu confusion matrix merupakan alat yang berguna untuk menganalisis seberapa baik pengklasifikasi tersebut dapat mengenali tupel dalam kelas-kelas yang berbeda (Hermoza dkk, 2011).

## II. METODE PENELITIAN

Tahap pertama adalah perumusan masalah. Tahap ini dimaksudkan untuk memperjelas permasalahan sehingga mempermudah pembahasan selanjutnya. Masalah yang diangkat dalam penulisan skripsi ini adalah bagaimana mengimplementasikan jaringan syaraf tiruan backpropagation sebagai sistem pengenalan citra daging yaitu citra daging babi dan daging sapi

memanfaatkan pengolahan citra digital sehingga mampu diterapkan dalam kehidupan sehari-hari khususnya oleh lembaga yang terkait dengan perlindungan konsumen seperti BPOM.

Langkah kedua adalah studi pustaka. Dalam studi pustaka ini digunakan sumber pustaka yang relevan yang digunakan untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan dalam penelitian. Studi pustaka dengan mengumpulkan sumber pustaka yang dapat berupa buku, teks, makalah dan sebagainya. Setelah sumber pustaka terkumpul dilanjutkan dengan penelaahan dari sumber pustaka tersebut. Pada akhirnya sumber pustaka itu dijadikan landasan untuk menganalisis permasalahan.

Dalam skripsi ini, perlu adanya studi pustaka yang berkaitan dengan permasalahan yang ada yaitu tentang perbedaan daging babi dengan daging sapi, dan studi tentang pengolahan citra digital yang memanfaatkan proses principal component analysis (PCA) dalam mengekstraksi ciri suatu citra serta jaringan syaraf tiruan backpropagation dalam proses pengenalan citra yang akan dimanfaatkan untuk membantu menyelesaikan masalah yang ada.

Langkah ketiga adalah pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan akuisisi data dengan mengambil citra daging babi dan citra daging sapi dari pasar-pasar tradisional seperti Pasar Sampangan, Pasar Karangayu, dan Pasar Gang Baru Kota Semarang. Akuisisi citra daging diambil menggunakan kamera digital merk Sony dengan resolusi 12,1 mega pixel tanpa menggunakan tambahan pencahayaan dan jarak pengambilan citra adalah 5 sampai 10 cm. Data-data yang telah ada kemudian dikumpulkan berdasarkan jenis daging. Hal ini bertujuan untuk mempermudah penulis dalam merancang sistem pengenalan citra daging ini.

Langkah terakhir adalah langkah pemecahan masalah. Dari permasalahan yang ada, yaitu bagaimana mengimplementasikan jaringan syaraf tiruan backpropagation dalam mengenali citra daging yaitu citra daging babi dan citra daging sapi, maka selanjutnya disusun langkah-langkah untuk memecahkan masalah tersebut. Langkah-langkah tersebut diuraikan sebagai berikut: (1) Mengumpulkan citra daging babi dan citra daging sapi untuk data pelatihan sistem.

Akuisisi citra daging dilakukan secara

langsung mengambil sampel daging dari pasar-pasar tradisional di Kota Semarang. Citra diambil dengan menggunakan kamera digital tanpa menggunakan bantuan alat lain seperti pencahayaan. (2) Melakukan Pre Processing. Pre Processing dilakukan untuk memperoleh citra yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk sistem yang akan dibuat. Proses ini meliputi proses cropping, compressing ukuran citra, mengubah citra menjadi grayscale, dan penajaman kualitas citra. (3) Merancang sistem pengenalan citra daging babi dan citra daging sapi dengan menggunakan software Matlab. Setelah data citra telah diperoleh, langkah selanjutnya adalah merancang sistem pengenalan untuk mengenali citra daging yang ada. Sistem pengenalan ini dirancang dengan menggunakan software Matlab R2009a. Software ini memiliki tools-tools yang dapat memudahkan dalam proses pembuatan program khususnya jaringan syaraf tiruan. (4) Melakukan pengujian sistem. Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dirancang. Pengujian sistem dilakukan dengan menghitung tingkat akurasi sistem dalam mengenali citra daging. Langkah yang harus ditempuh yakni menggunakan confusion matrix. Untuk melihat arsitektur jaringan yang paling efektif, dapat dilihat dari Mean Square Error (MSE) dari proses pelatihan serta melihat recognition rate dari proses perhitungan dengan melihat confusion matrix. (5) Penarikan Kesimpulan. Langkah ini merupakan langkah terakhir dari penelitian. Penarikan kesimpulan didasarkan pada studi pustaka dan pembahasan permasalahan. Simpulan yang diperoleh merupakan hasil analisis dari penelitian. Simpulan yang diambil dari penelitian ini adalah tentang bagaimana implementasi jaringan syaraf tiruan backpropagation sebagai sistem pengenalan citra daging babi dan daging sapi serta pemanfaatan PCA dalam proses ekstraksi ciri pada citra. Sejauh mana sistem dapat mengenali citra daging, berapa besar tingkat akurasi yang dihasilkan oleh sistem dalam mengenali citra daging serta bagaimana membangun arsitektur jaringan yang optimal untuk sistem pengenalan citra daging.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pengenalan citra daging ini dibuat melalui beberapa proses. Berikut adalah beberapa tahapan yang dilalui. (1) Akuisisi Citra (Image Acquitition). Image acquitition merupakan proses pengambilan citra dengan menggunakan sebuah alat bantu pengambil gambar. Dalam penelitian ini digunakan kamera digital Sony dengan resolusi 12,1mega piksel. Citra diambil dalam jarak antara 5 sampai dengan 10 cm tanpa menggunakan penambahan cahaya. Citra yang diperoleh berupa citra RGB dengan ukuran 4000 x 3000 piksel. (2) Perancangan Sistem. Tahap perancangan sistem dimaksudkan untuk mempersiapkan segala sesuatu yang dibutuhkan dan berhubungan dengan sistem. Tahapan perancangan sistem meliputi serangkaian langkah sebagai berikut: (a) Perancangan sistem pelatihan. Sistem pelatihan merupakan bagian awal dari sistem pengenalan citra daging ini. Sistem ini berfungsi untuk menyiapkan informasi-informasi yang akan digunakan dalam proses pengenalan citra daging. Proses ini memiliki beberapa tahapan penting yaitu pembagian citra. Jumlah data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 320 citra, dengan rincian 160 citra daging babi dan 160 citra daging sapi. Selanjutnya 130 citra daging babi dan 130 citra daging sapi digunakan sebagai citra latih, yaitu citra yang akan digunakan untuk pembelajaran JST. Sedangkan sisa citra yang ada (60 citra) dimanfaatkan sebagai citra query yaitu citra uji yang tidak melalui proses pelatihan. Pada proses pengujian nanti akan digunakan keseluruhan citra baik citra latih maupun citra non-latih, sehingga tingkat akurasi sistem secara keseluruhan dapat diukur. (3) Pre processing. Pada tahap pre processing, dilakukan serangkaian proses meliputi cropping, normalisasi ukuran, mengubah citra RGB menjadi citra grayscale, dan melakukan perbaikan citra.

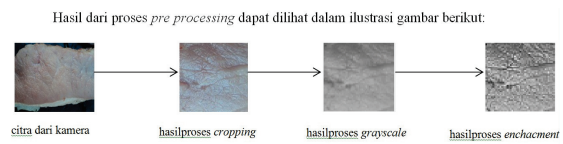
Proses cropping merupakan proses memotong citra dan mengambil bagian dari citra yang dibutuhkan. Gambar daging yang diambil merupakan gambar yang umum. Artinya tidak semua komponen gambar dibutuhkan dalam sistem yang akan dirancang sehingga perlu proses cropping. Proses ini menggunakan software Microsoft paint.

Normalisasi ukuran merupakan proses untuk menyeragamkan ukuran citra. Hal ini dimaksudkan agar citra yang akan diolah dalam sistem mempunyai ukuran yang sama. Dalam

penelitian ini ukuran citra diubah menjadi 50 x 50 piksel.

Data yang diinputkan dalam sistem awalnya adalah gambar tipe RGB. Citra RGB akan membentuk vektor 3 lapis sehingga akan sulit untuk dilakukan proses selanjutnya. Citra perlu diubah tipenya menjadi grayscale untuk mempermudah proses pengolahan citra pada proses selanjutnya.

Setelah citra dirubah menjadi grayscale, selanjutnya citra dipertajam untuk memperoleh dan memperjelas citra yang akan digunakan pada proses selanjutnya. Langkah ini dimaksudkan agar garis-garis serat pada daging tampak lebih jelas.



Gambar 1. Tahapan langkah *pre processing*

(4) Konstruksi PCA. PCA akan memperkecil dimensi dari data citra yang bertujuan untuk meringankan sistem dalam proses pelatihan. Dalam penelitian ini, data citra yang dilatihkan berbentuk vektor dengan ukuran  $2500 \times 1$ . Vektor ini diperoleh dari matriks data citra yang kemudian diubah kedalam bentuk vektor. Karena jumlah citra latih sebanyak 260, maka matriks yang terbentuk dalam database sistem adalah matriks berukuran  $2500 \times 260$  yaitu gabungan dari vektor-vektor citra latih sistem yang disimpan dalam satu database yang dinamakan CA. Menurut (Abidin, 2010), dimensi yang terbaik dapat ditentukan dengan mencari vektor eigen matrik kovarian  $x$ , yaitu nilai eigen yang terbesar. Adapun metode yang ditempuh adalah sebagai berikut:

Misalkan  $x_1, x_2, \dots, x_M$  adalah vektor berukuran  $N \times 1$

Langkah 1: Mencari vektor rata-rata  $\bar{x} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i$

Langkah 2: Mengurangi setiap vektor dengan rata-rata vektor  $\phi_i = x_i - \bar{x}$

Langkah 3: Bentuk matrik  $A = [\phi_1 \phi_2 \dots \phi_M]$

berukuran  $N \times M$ , kemudian hitung:

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \phi_n \phi_n^T = A A^T C$$

adalah matrik kovarian berukuran  $N \times N$ , yang memberikan ciri sebaran data.

Langkah 4: Menghitung nilai eigen dari C:  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_N$

Definisi dari nilai eigen dan vektor eigen sebagai berikut (Anton, 2002):

Jika C adalah matriks berukuran  $n \times n$ , maka vektor tak nol V didalam  $R^n$  dinamakan vektor eigen (eigen vektor) dari C jika  $CV = \lambda V$  adalah kelipatan skalar dari V, yakni  $CV = \lambda V$  untuk suatu scalar  $\lambda$ . Sakalar  $\lambda$  dinamakan nilai eigen dari C dan V dikatakan vektor eigen yang bersesuaian dengan  $\lambda$ .

Langkah 5: Menghitung vektor eigen dari C:  $u_1, u_2, \dots, u_N$  Pada saat C simetrik  $u_1, u_2, \dots, u_N$

membentuk sebuah basis (yaitu terdapat vektor x atau  $(x - \bar{x})$  yang dapat ditulis sebagai kombinasi linier dari vektor eigen:

$$x - \bar{x} = b_1 u_1 + b_2 u_2 + \dots + b_N u_N = \sum_{i=1}^N b_i u_i$$

Langkah 6: (langkah reduksi dimensi) berhubungan dengan nilai eigen K terbesar.

$$\hat{x} - \bar{x} = \sum_{i=1}^K b_i u_i \text{ dimana } K \ll N$$

Representasi  $\hat{x} - \bar{x}$  ke basis  $u_1, u_2, \dots, u_N$  adalah

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_K \end{bmatrix}$$

Transformasi linier  $R^N \rightarrow R^K$  untuk reduksi dimensi adalah:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1^T \\ u_2^T \\ \vdots \\ u_K^T \end{bmatrix} (x - \bar{x}) = U^T (x - \bar{x})$$

Untuk sistem pengenalan citra daging ini, matriks CA akan diolah dengan proses PCA tersebut. Diketahui matriks CA berukuran  $2500 \times 260$  dengan jumlah kelas data = 2 (daging babi dan daging sapi). Setelah dilakukan proses PCA, akan diperoleh matriks baru (FinalData) yang berukuran  $258 \times 260$ . Dalam penelitian ini, matriks tersebut diberi nama ProjectedImages\_PCA. Matriks ProjectedImages\_PCA berukuran  $258 \times 260$ . Artinya, setiap vektor dari masing masing citra yang semula mempunyai ukuran  $2500 \times 1$ , akan diubah menjadi  $258 \times 1$ .

Arsitektur jaringan yang dirancang dalam penelitian ini berjumlah 8 (Tabel

1). Variasi yang dilakukan adalah variasi jumlah neuron hidden layer serta nilai  $\alpha$  (learning rate) untuk mencari hasil pengenalan yang paling akurat oleh sistem. Berikut ini variasi yang dilakukan

Tabel 1. Variasi learning rate dan jumlah neuron hidden layer

No	Learning rate ( $\alpha$ )	Jumlah neuron hidden layer	No	Learning rate ( $\alpha$ )	Jumlah neuron hidden layer
1	0,2	8	5	0,05	8
2	0,2	20	6	0,05	20
3	0,1	8	7	0,025	8
4	0,1	20	8	0,025	20

Paradigma pembelajaran JST pada penelitian ini adalah supervised learning karena dalam sistem ini terdapat sejumlah pasangan data (masukan – target luaran) yang dipakai untuk melatih jaringan. Fungsi aktivasi yang digunakan untuk merubah bobot awal dari input layer ke hidden layer maupun dari hidden layer ke output layer adalah fungsi sigmoid biner. Fungsi ini dipilih karena unit output hanya dirancang untuk menampilkan satu keputusan yaitu daging babi dengan nilai bobot 0 atau daging sapi dengan nilai bobot 1. Pada pembobotan awal, dipilih bobot secara acak, yaitu dengan cara membangkitkan bilangan acak dengan range antara 0 sampai 1. Arsitektur jaringan yang digunakan dalam skripsi ini adalah arsitektur jaringan layar jamak dengan 1 hidden layer.

Dalam perancangan sistem pengenalan citra daging, langkah-langkah yang harus ditempuh sama halnya pada sistem pelatihan. Langkah-langkah yang harus dipenuhi yaitu proses pre processing, kemudian dibuat PCA datanya. Setelah PCA data dibuat, langkah selanjutnya adalah melakukan proses pengenalan citra.

Setelah sistem selesai dirancang, selanjutnya harus diuji tingkat akurasi sistem dalam mengenali citra daging babi dan citra daging sapi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat bekerja dalam mengenali citra daging babi dan citra daging sapi.

Akan dilihat pengaruh perubahan learning rate dan jumlah neuron hidden layer terhadap MSE, lama waktu pelatihan, kemudian jumlah citra yang dikenali oleh sistem dengan benar. Dari 260 citra latih dan 60 citra non latih, diperoleh analisis pada Tabel 2. berikut.

**Tabel 2.** Analisis hasil variasi arsitektur jaringan

No	α	Jumlah Neuron Hidden	Hasil					
			Epoch	MSE	Waktu	Citra latih yang dikenali	Citra non latih yang dikenali	Recognition rate%
1.	0,2	8	16	0.228	252	163	39	58,9
2.	0,2	20	18	0.00696	793	257	40	88,3
3.	0,1	8	9	0.158	54	205	39	73,9
4.	0,1	20	100	0.0173	3493	254	37	85,4
5.	0,05	8	10	0.0313	52	251	36	85,4
6.	0,05	20	39	0.0233	1474	252	36	84,8
7.	0,025	8	11	0.0729	55	231	38	78,2
8.	0,025	20	14	0.00457	651	258	37	87,3

Confusion matrix untuk variasi 2 sebagai berikut:

a. Hasil pengenalan data latih

- a) True positives (daging babi dikenali daging babi) : 130
- b) True negatives (daging sapi dikenali daging sapi) : 127
- c) False positives (daging sapi dikenali daging babi) : 3
- d) False negatives ( daging babidikenali daging sapi) : 0

confusionmatrix:

	Daging Babi	Daging Sapi
Daging Babi	130	0
Daging Sapi	3	127

b. Hasil pengenalan data non latih (data uji)

- a) True positives (daging babi dikenali daging babi) : 28
- b) True negatives (daging sapi dikenali daging sapi) : 12
- c) False positives (daging sapi dikenali daging babi) : 18
- d) False negatives ( daging babidikenali daging sapi) : 2

	Daging Babi	Daging Sapi
Daging Babi	28	2
Daging Sapi	18	12

$$\text{Recognition rate} = \frac{t\_pos}{t\_pos + f\_pos} = \frac{158}{158 + 21} = 0,883$$

$$\text{Recognition rate} = 88,3 \%$$

Berdasarkan tabel, didapatkan bahwa arsitektur jaringan yang optimal dalam proses pengenalan citra daging babi dan citra daging sapi adalah learning rate: 0,2 ; jumlah neuron hidden layer : 20 ; jumlah iterasi (epoch) : 18; toleransi: 0,001. Diperoleh recognition rate sebesar 88,3 % dengan MSE sebesar 0,00696.

#### IV. SIMPULAN

Sistem pengenalan citra daging dapat diciptakan dengan memanfaatkan pengolahan citra digital. Citra diolah melalui beberapa tahapan yaitu pre processing dan proses ekstraksi ciri. Proses ekstraksi ciri menggunakan proses principal component analysis (PCA). Setelah melalui proses PCA, proses recognition menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation. Percobaan variasi learning rate dan jumlah neuron hidden layer dalam proses pelatihan dapat menghasilkan rata-rata pengenalan sebesar 88,3 % dengan arsitektur jaringan yang optimal yaitu jumlah iterasi (epoch) : 18; toleransi:0,001; learning rate: 0,2; jumlah neuron hidden layer: 20.

#### V. UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Dr. Dwijanto, M.S. dosen pembimbing utama dan Zaenal Abidin, S. Si, M.Cs. dosen pembimbing pendamping. Atas bimbingan beliau peneliti dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan artikel ilmiah ini.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 2010. Principal Component Analysis (PCA). Yogyakarta. Magister Ilmu Komputer. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan UGM.
- Anton, Howard. 1992. Aljabar Linear Elementer. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Halim, A., Marcellus, E., Layong. 2004. Analisis dan Perancangan Pengenal Tanda Tangan dengan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Propagasi Balik. Skripsi. Jakarta. Universitas Bina Nusantara.
- Hermawan, A. 2006. Jaringan Syaraf Tiruan: Teori dan Aplikasi. Yogyakarta: ANDI.
- Hermoza, T., Andika. A., Setyaningsih. E., Rinawati, N., Hastika, B., Putri, R. B., Anugerah, M., Wasisarini, R. 2011. Evaluating Accuracy. Jurusan Matematika Universitas Gadjah Mada.
- Iqbal, M. 2009. Dasar Pengolahan Citra Menggunakan MATLAB. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan ITB.
- Sari, Z. W. 2010. Pengenalan Pola Golongan Darah Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation. Skripsi. Malang: Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
- Siang, J. J. 2005. Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab. Yogyakarta: ANDI.