

## **PENGENALAN POLA TANDA TANGAN MENGGUNAKAN METODE MOMENT INVARIANT DAN JARINGAN SYARAF RADIAL BASIS FUNCTION (RBF)**

**Ainun Jariah<sup>1</sup> dan Mohammad Isa Irawan<sup>2</sup> dan Imam Mukhlash<sup>2</sup>**

*1) Mahasiswa Pascasarjana Jurusan Matematika ITS Surabaya*

*2) Dosen Jurusan Matematika FMIPA ITS Surabaya*

*email : ainun09@mhs.matematika.its.ac.id*

### **Abstrak**

Jaringan syaraf tiruan *Radial Basis Function* (RBF) dikenal sebagai salah satu bentuk dari jaringan syaraf *Feedforward* lapis banyak yang handal dalam memecahkan masalah aproksimasi dan klasifikasi/pengenalan pola. Dalam penelitian ini JST RBF digunakan untuk klasifikasi pola-pola tanda tangan berdasarkan output jaringan yang mempunyai kemiripan dengan target (pemilik tanda tangan). Metode *Moment Invariant* digunakan untuk mengekstraksi citra tanda tangan menjadi suatu vektor input yang merepresentasikan setiap citra tanda tangan. Satu citra tanda tangan diwakili oleh 7 *moment invariant*. Hasil klasifikasi tanda tangan yang dikenali dengan tingkat akurasi tertentu. Untuk menguji hasil klasifikasi dilakukan uji coba. Dari hasil uji coba program menunjukkan bahwa JST RBF dapat mengenali pola tanda tangan dengan akurasi pada data uji 80 %.

**Kata kunci:** Jaringan syaraf tiruan, RBF, moment invariant.

### **PENDAHULUAN**

Pengenalan pola tanda tangan merupakan salah satu bidang pengenalan pola (*pattern recognition*) yang cukup berkembang dewasa ini, dimana aplikasinya dapat diterapkan dalam berbagai bidang khususnya dalam bidang keamanan (*security system*) seperti izin penarikan uang di bank, validasi cek dan sebagainya. Teknologi identifikasi untuk pengenalan pola tanda tangan termasuk di dalam biometrika yang menggunakan karakteristik perilaku alami manusia.

Secara umum, untuk mengidentifikasi tanda tangan dapat dilakukan secara manual yaitu dengan mencocokkan tanda tangan pada waktu transaksi dengan tanda tangan yang sah. Sistem manual memiliki kelemahan dimana si pemeriksa tanda tangan kurang teliti dalam melakukan pencocokan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode yang mampu menganalisis karakteristik tanda tangan sehingga mempermudah dalam mengenali tanda tangan seseorang.

Terdapat beberapa metode pengenalan tanda tangan diantaranya *hidden markov* dan berbasis Jaringan Syaraf Tiruan seperti *Learning Vector Quantization* (LVQ) , *Support Vector Machine* (SVM) . Jaringan syaraf tiruan telah digunakan secara luas dalam bidang pengenalan pola dan pada umumnya menunjukkan kelebihan dibandingkan dengan metode-metode pembelajaran lainnya, sifat generalisasi dan kemampuan adaptasinya, serta kekuatan khasnya dalam melakukan pemetaan secara *non-linier* (Simon, 1999). Meskipun demikian pengenalan tanda tangan termasuk masalah yang sulit dalam pengenalan pola. Hal ini disebabkan karena contoh - contoh tanda tangan seseorang adalah identik namun tidak sama (Abbas, 1994).

Dalam paper ini, metode Radial Basis function (RBF) digunakan untuk pengenalan pola tanda tangan . Dimana Jaringan syaraf tiruan RBF merupakan salah satu model jaringan *feed-forward* yang memiliki tiga lapisan (*layer*), yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan output, telah sukses diaplikasikan pada aproksimasi fungsi, peramalan dan klasifikasi pola (Yeung, dkk., 2009).

## Pengertian Tanda Tangan

Tanda tangan adalah hasil proses menulis seseorang yang bersifat khusus sebagai substansi simbolik. Tanda tangan merupakan bentuk yang paling banyak digunakan untuk identifikasi seseorang.

Contoh-contoh tanda tangan setiap orang umumnya identik namun tidak sama. Artinya tanda tangan seseorang sering berubah-ubah setiap waktu. Perubahan ini menyangkut posisi, ukuran maupun faktor tekanan tanda tangan. Pada kenyataannya, perubahan-perubahan tersebut dipengaruhi oleh waktu, umur, kebiasaan dan keadaan mental tertentu (Abbas,1994).

## Akuisisi Data

Dalam penelitian ini akan digunakan citra tanda tangan untuk pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*) dengan rasio 75 : 25. Untuk data pelatihan digunakan sebanyak 150 tanda tangan yang berasal 10 responden, dimana setiap responden diambil 15 tanda tangan. Sementara untuk kebutuhan pengujian, citra tanda tangan yang akan digunakan sebanyak 30 tanda tangan yang juga berasal dari 10 responden tersebut dengan asumsi setiap responden diambil 3 tanda tangan.

Dari data tangan tersebut dilakukan proses preprocessing yaitu tanda tangan yang diambil diolah terlebih dahulu untuk disamakan ukurannya dan diubah ke dalam *grayscale*. Pada tahap ini dimulai dari pengambilan gambar tanda tangan pada media kertas yang dibatasi dengan kotak ukuran 4,6 x 3,6 cm kemudian dilakukan proses *scanning*.

## Estraksi Fitur

Citra tanda tangan dari hasil *scanning* selanjutnya diekstraksi untuk memperoleh vektor ciri dari setiap citra dengan ukuran dimensi yang relatif lebih kecil. Metode ekstrak yang digunakan adalah metode *Moment Invariant*. Hasil yang diperoleh pada langkah ini berupa 7 nilai moment, selanjutnya ke-7 nilai tersebut disebut hasil ekstrak citra dan digunakan sebagai vector input untuk jaringan syaraf mewakili 1 citra tanda tangan

Momen dapat menggambarkan suatu objek dalam hal area, posisi, orientasi dan parameter terdefinisi lainnya. Dengan mendapatkan sejumlah informasi momen, baik momen order nol ( $m_{00}$ ) dan order 1 ( $m_{10}$  dan  $m_{01}$ ) atau momen sentral, dan momen pada order  $\geq 2$  atau momen invariant dari sebuah obyek, maka obyek tersebut dapat diidentifikasi sekalipun telah mengalami pergeseran (translasi), perputaran (rotasi), maupun perubahan skala (*scaling*) (Gonzales,2001). Pada dasarnya suatu objek melibatkan luasan, *center of gravity* dan momen. Untuk fungsi kontinu 2D, momen order ( $p+q$ ) didefinisikan sebagai:

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x,y) dx dy \quad \text{Untuk } p, q = 0, 1, 2, \dots$$

Secara diskrit ditulis sebagai persamaan:

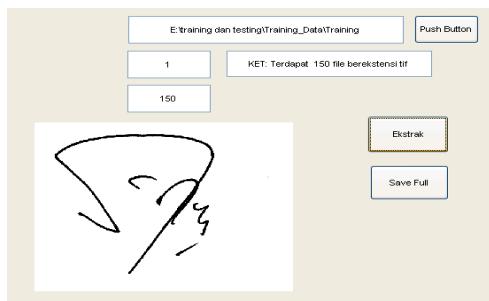
$$\begin{aligned} m_{pq} &= \sum_x \sum_y x^p y^q f(x,y) \\ \mu_{pq} &= \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x,y) \\ \eta_{pq} &= \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^{\gamma}}, \quad \gamma = \frac{p+q}{2}, \quad p + q = 2, 3, \dots \end{aligned}$$

Dengan:  $\mu_{pq}$  adalah momen sentral

$\eta_{pq}$  adalah normalisasi momen sentral

Tabel 1. Moment Invariant

Moment Sentral	Moment Invarian
$\mu_{00} = m_{00}$	$\phi_1 = \eta_{10} + \eta_{01}$
$\mu_{10} = 0$	$\phi_2 = (\eta_{10} - \eta_{01})^2 + 4\eta_{11}^2$
$\mu_{01} = 0$	$\phi_3 = (\eta_{10} - 3\eta_{11})^2 + (3\eta_{11} - \eta_{01})^2$
$\mu_{02} = m_{02} - \bar{y}m_{01}$	$\phi_4 = (\eta_{10} + \eta_{11})^2 + (\eta_{11} + \eta_{01})^2$
$\mu_{01} = m_{01} - \bar{y}m_{00}$	$\phi_5 = (\eta_{10} - 3\eta_{11})(\eta_{10} + \eta_{11})[3(\eta_{10} + \eta_{11})^2 - 3(\eta_{11} + \eta_{01})^2] + (3\eta_{11} - \eta_{01})(\eta_{11} + \eta_{01})[3(\eta_{10} + \eta_{11})^2 - (\eta_{11} + \eta_{01})^2]$
$\mu_{11} = m_{11} - \bar{y}m_{10}$	$\phi_6 = (\eta_{10} - \eta_{01})[(\eta_{10} + \eta_{11})^2 - (\eta_{11} + \eta_{01})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{10} + \eta_{11})(\eta_{11} + \eta_{01})$
$\mu_{10} = m_{10} - 3\bar{x}m_{10} + 2\bar{x}m_{11}$	$\phi_7 = (3\eta_{11} - \eta_{01})(\eta_{10} + \eta_{11})[(\eta_{10} + \eta_{11})^2 - 3(\eta_{11} + \eta_{01})^2] + (3\eta_{11} - \eta_{01})(\eta_{11} + \eta_{01})[3(\eta_{10} + \eta_{11})^2 - (\eta_{11} + \eta_{01})^2]$



Gambar 1. Contoh tanda tangan yang akan diekstraksi fitur

	$4.2134531e+000$ $8.4879612e-001$ $7.7806653e+000$ $3.7174837e+000$ $8.5740114e+000$ $2.9176447e+000$ $1.9168502e+001$
	$4.2555321e+000$ $8.8685236e-001$ $4.8353386e+000$ $1.9657619e+000$ $6.0601758e+000$ $1.4413398e+000$ $2.7522998e+000$

Gambar 2. Hasil ekstraksi pada salah satu citra tanda tangan (sudut dalam satuan Radian)

Hasil Ekstrasi berupa vektor baris akan digunakan sebagai data input pada jaringan syaraf tiruan yang telah dikonstruksi sebelumnya.

### Jaringan Syaraf Tiruan

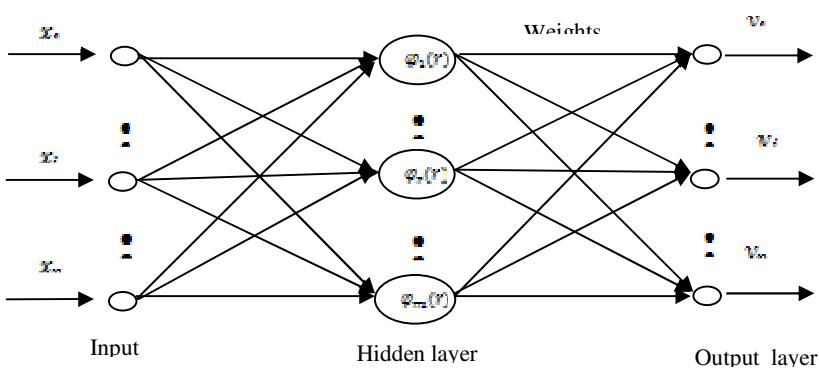
Fauset (1994) menyatakan bahwa Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* adalah suatu sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik kinerja tertentu yang mirip dengan jaringan syaraf biologi. JST telah dikembangkan sebagai generalisasi dari model-model matematika dari cara kerja jaringan syaraf biologis pada manusia, dengan asumsi bahwa:

- Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen-elemen sederhana yang disebut neuron.
- Sinyal yang keluar antar neuron dihubungkan oleh suatu penghubung (sinapsis).
- Setiap penghubung diasosiasikan dengan bobot (weight).
- Setiap neuron menerapkan fungsi aktivasi untuk menentukan sinyal output.

Suatu jaringan syaraf selalu dikarakteristikan dengan pola koneksi antar neuron (arsitektur), metode untuk menentukan bobotnya (Algoritma), dan fungsi aktivasi yang digunakan.

### Jaringan Radial Basis Function (RBF)

Jaringan Fungsi Basis Radial (RBF) yang merupakan alternatif dari jaringan *Multilayered Feedforward Neural* (MFN) telah dikembangkan. Jaringan ini terdiri dari tiga layer yaitu input layer, hidden layer dan output layer. Fungsi aktivasinya adalah fungsi basis dan fungsi linear pada lapisan output. Jaringan ini telah banyak digunakan secara intensif. RBF merupakan pemetaan fungsi taklinier multidimensional yang tergantung kepada jarak antara vektor input dan vektor center. RBF dengan input berdimensi- $n \in \mathbb{R}^n$  dan output berdimensi- $m \in \mathbb{R}^m$ . Adapun arsitektur dari RBFNN sebagai berikut :



Gambar 3. Arsitektur RBFNN

Output jaringan RBF dengan kernel  $\tilde{N}$  untuk suatu vektor input  $x \in \mathbb{R}^n$  diberikan dengan persamaan berikut:

$$F_{\tilde{N}}(x) = \sum_{i=1}^N \beta_i \phi_i(x)$$

$\beta_i = [\beta_{i1}, \beta_{i2}, \dots, \beta_{im}]^T$  adalah bobot yang menghubungkan kernel ke- $i$  dengan neuron output, dan  $\phi_i(x)$  adalah output kernel ke- $i$  dengan persamaan Gaussian sebagai berikut:

$$\phi_i(x) = \phi(\mu_i, \sigma_i, x) = \exp\left(\frac{\|x - \mu_i\|^2}{\sigma_i}\right)$$

Dengan :  $\mu_i = [\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{im}]^T$  adalah pusat kernel ke- $i$  dan  $\sigma_i$  adalah lebar.

Untuk  $N$  sampel random berbeda  $(x_i, t_i)$  dengan  $x_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}]^T \in \mathbb{R}^n$  dan  $t_i = [t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{im}]^T \in \mathbb{R}^m$ , RBF dengan kernel  $\tilde{N}$  dapat dimodelkan secara matematis.

$$\sum_{i=1}^N \beta_i \phi_i(x_j) = o_j, j = 1, \dots, N$$

RBF standard dengan  $\tilde{N}$  kernel dapat mengaproksimasi  $N$  sampel dengan error rata-rata bernilai nol,  $\sum_{j=1}^N \|o_j - t_j\| = 0$ , yaitu terdapat  $\beta_i, \mu_i$  dan  $\sigma_i$  sedemikian sehingga:

$$\sum_{i=1}^N \beta_i \exp\left(\frac{\|x_j - \mu_i\|^2}{\sigma_i}\right) = t_j, j = 1, \dots, N$$

Persamaan di atas dapat dituliskan sebagai:

$$H\beta = T$$

Dengan:

$$H(\mu_1, \dots, \mu_N, \sigma_1, \dots, \sigma_N, x_1, \dots, x_N) = \begin{bmatrix} \phi(\mu_1, \sigma_1, x_1) & \dots & \phi(\mu_N, \sigma_N, x_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi(\mu_1, \sigma_1, x_N) & \dots & \phi(\mu_N, \sigma_N, x_N) \end{bmatrix}_{N \times \tilde{N}}$$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1^T \\ \vdots \\ \beta_N^T \end{bmatrix}_{N \times m} \quad \text{dan} \quad T = \begin{bmatrix} t_1^T \\ \vdots \\ t_N^T \end{bmatrix}_{N \times m}$$

$H$  disebut matriks output pada lapisan tersembunyi, kolom ke- $i$  dari  $H$  adalah output dari kernel ke- $i$  yang bersesuaian dengan input  $x_1, x_2, \dots, x_N$ .

### Algoritma pada jaringan RBF

Diberikan suatu himpunan data pelatihan  $\mathcal{X} = \{(x_i, t_i) | x_i \in \mathbb{R}^n, t_i \in \mathbb{R}^m, i = 1, \dots, N\}$  dengan  $N$  adalah banyaknya neuron tersembunyi (kernel).

Langkah 1: Inisialisasi Center  $\mu_i$  dan Lebar  $\sigma_i$ ,  $i = 1, \dots, N$  secara random.

Langkah 2: Hitung Nilai Fungsi Gauss  $\phi(\mu_i, \sigma_i, x), i = 1, \dots, N$ .

Langkah 3: Nyatakan  $\phi(\mu, \sigma, x)$  ke dalam matriks  $H$  dengan  $N$  baris dan  $N$  kolom.

Langkah 4: Hitung keluaran bobot  $\beta$  menggunakan persamaan:

$$\beta = H^{-1}T$$

dengan  $H^{-1} = (H^T H)^{-1} H$  dan  $T = [t_1, \dots, t_N]^T$

## PEMBAHASAN

### Desain arsitektur

Input yang digunakan sebanyak 150 neuron, hidden layer 80 neuron dan layer output 10 neuron. Hal ini dipilih karena target 150 buah tanda tangan dari 10 responden yang akan dikenali sebagai data input, tentunya akan menghasilkan 10 informasi output yang akan diperoleh melalui 80 neuron pada layer hidden sebagai jaringan yang paling sesuai dengan banyaknya target yang akan dicapai. Jadi dari desain arsitektur diatas diperoleh sebuah Matrik *Confusion* yang menunjukkan tingkat akurasi klasifikasi/pengenalan pola tanda tangan dengan metode jaringan syaraf Radial Basis Function.

Tabel 2. Matrik *Confusion* untuk data pelatihan

	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100% 0%
Output jaringan	1	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	100% 0%
	2	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	100% 0%
	3	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	100% 0%
	4	0	0	0	12	0	3	0	0	0	0	80% 20%
	5	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	100% 0%
	6	0	0	1	5	0	9	0	0	0	0	60% 40%
	7	0	0	0	8	0	1	6	0	0	0	40% 60%
	8	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	100% 0%
	9	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	100% 0%
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	100% 0%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	88% 12%
		Target(pemilik tanda tangan)										

Dari matrik *confusion* di atas terlihat error (kesalahan) dari tiap-tiap pola tanda tangan. Pada pola tanda tangan orang ke-1, ke-2, ke-3, ke-5, ke-8, ke-9, ke-10, tidak terjadi kesalahan artinya tanda tangan dapat dikenal benar. Kemudian pada pola tanda tangan orang ke-4 kesalahan yang terjadi sebanyak 20 % artinya ada 3 pola tanda tangan yang tidak dikenal benar, yaitu dikenal sebagai pola tanda tangan orang ke-7, pada pola tanda tangan orang ke-6 kesalahan yang terjadi sebanyak 40 % artinya ada 6 pola tanda tangan yang tidak dikenal benar, yaitu 1 pola tanda tangan dikenal sebagai orang ke-3 dan 5 pola

tanda tangan dikenal sebagai orang ke-4. Sedangkan pada pola tanda tangan orang ke-6 kesalahan yang terjadi kesalahan yang terjadi sebanyak 60 % artinya ada 9 pola tanda tangan tidak dikenal benar, yaitu 8 pola tanda tangan dikenal sebagai orang ke-4 dan 1 pola tanda tangan dikenal sebagai orang ke-6. Jadi dapat disimpulkan bahwa jaringan syaraf RBF dapat mengenali dengan benar pola tanda tangan dengan ketepatan 88 % dan error (kesalahan) sebesar 12%.

Untuk mengetahui kemampuan jaringan RBF dalam klasifikasi/pengenalan pola tanda maka diperlukan pengujian, yang datanya di ambil diluar data pelatihan. Tabel 3 menunjukkan matrik *confusion* Jaringan RBF untuk data pengujian.

Tabel 3. Matrik *Confusion* untuk data uji

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Output jaringan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Target(pemilik tanda tangan)
1	66,7%	33,3%									
2	100%	0%									
3	100%	0%									
4	66,7%	33,3%									
5	100%	0%									
6	66,7%	33,3%									
7	40%	60%									
8	100%	0%									
9	100%	0%									
10	100%	0%									
	80%	20%									

Pada matrik *confusion* di atas, dapat dilihat kesalahan pengenalan pola tanda tangan pada masing-masing pemilik tanda tangan. Pada pola tanda tangan orang ke-1, 2 pola atau 66,7% tanda tangan yang dapat dikenali dengan benar dan 3,3% atau 1 pola tanda tangan dikenal sebagai pola tanda tangan orang ke-2. Pada pola tanda tangan orang ke-4, 2 pola atau 66,7% tanda tangan yang dapat dikenali dengan benar dan 3,3% atau 1 pola tanda tangan dikenal sebagai pola tanda tangan orang ke-7. Pada pola tanda tangan orang ke-6, 2 pola atau 66,7% tanda tangan yang dapat dikenali dengan benar dan 3,3% atau 1 pola tanda tangan tidak dikenali benar. Jadi dapat disimpulkan jaringan RBF dapat mengenali dengan benar pola tanda tangan dengan ketepatan 80 % dan error (kesalahan) sebesar 20%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pelatihan pada jaringan RBF, terlihat bahwa dengan menggunakan metode RBF, error pelatihan sebesar 12% dengan akurasi klasifikasi (pengenalan) mencapai 80%. Sedangkan untuk data pengujian error yang terjadi 20% dengan akurasi 80%.

Pola tanda tangan yang tidak dapat dikenali (error), dalam penelitian ini belum tentu menunjukkan ketidakmampuan RBFNN dalam mengenali pola tanda tangan. Kemungkinan hal ini disebabkan data pelatihan dan pengujian berbeda untuk setiap jenis tanda tangan yang sama. Perbedaan ini menyangkut ukuran dan posisi dan kesalahan relatif dari semua tanda tangan yang diambil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, R. 1994, *A Prototype System for off-line Signature Verification using Multilayered Feedforward Neural Networks*. Tesis Departemen of Computer Science, RMIT.

Cemil, OZ., Ercal, F., Demir, Z., (2003), *Signature Recognition and Verification with ANN*, Third International Conference on Electrical and Electronics Engineering, Bursa, Turkey.

Djunaidy, A. 2000, *Verifikasi Tanda Tangan Berdasarkan Interpretasi Struktural dari Arah Gerak dan Tekanan*. Universitas Gunadarma.

Fausett, L., (1994). *Fundamental of Neural Network architecture, Algorithms, and Applications*, Prentice-Hall, USA.

Gonzales, R.C., Richard, E.Wood., (2001), *Digital image Processing*, edition, Prentice\_Hall.Inc.

Simon, H. (1999). *Neural networks: A comprehensive foundation*, New Jersey:Prentice Hall.

Yeung, D. S., Cloete, I., Shi, D. (2009). *Sensitivity Analysis for Neural Networks*, Springer.

