

IDENTIFIKASI TANDA TANGAN DENGAN PENDEKATAN *SUPPORT VECTOR MACHINE*

Endina Putri P¹, Diah Puspitaningrum², Andre Mirfen³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu.
Jl.WR. Supratman Kandang Limun Bengkulu 38371A INDONESIA
(telp: 0736-341022; fax: 0736-341022)

Email: endinaputri@unib.ac.id, diyahpuspitaningrum@unib.ac.id, mirfen.andre@gmail.com

(Received: 7 April 2015; Revised: 2 Juni 2015; Accepted: 25 Juni 2015)

ABSTRAK

Tanda tangan merupakan salah satu biometrika yang banyak digunakan manusia. Makalah ini bertujuan untuk mengenali tanda tangan melalui ekstraksi ciri dan mengklasifikasi citra tanda tangan dengan metode *Support Vector Machine* (SVM). Database dalam penelitian ini menggunakan 15 sampel citra tanda tangan dari mahasiswa program studi Teknik Informatika UNIB berukuran sebesar 300 x 300 piksel. Sistem dibangun dengan bahasa pemrograman *Java NetBeans IDE 8.0*. Sistem terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu: preprocessing, ekstraksi ciri, dan klasifikasi SVM. Tahap *preprocessing* yang dilakukan pada penelitian ini yaitu Binerisasi, *Remove Noise*, *Thinning*, *Cropping*, dan *Resize*. Tahap ekstraksi ciri menggunakan metode *Image Centroid Zone* (ICZ) dan *Zone Centroid Zone* (ZCZ). Selanjutnya, hasil fitur vektor ICZ dan ZCZ menjadi input pelatihan klasifikasi SVM. Penelitian ini menunjukkan bahwa: (1) semakin besar ukuran zona maka semakin tinggi keakuratan identifikasi; (2) semakin kecil derajat polinomial maka semakin tinggi keakuratan identifikasi; (3) performa terbaik diperoleh untuk ukuran zona 5x4 dan derajat polinomial 2 dengan persentase keakuratan identifikasi sebesar 97,33 %.

Kata Kunci: biometrika, identifikasi, *Support Vector Machine*, tanda tangan

ABSTRACT

Signature is one of the human biometric. This paper proposes to recognize the signature through feature extraction and classify the signature with Support Vector Machine (SVM). Research databases used 15 signatures images from the students in Informatics Engineering UNIB with size 300 x 300 pixels. The system is built in the Java programming language with NetBeans IDE 8.0. Identification algorithm divided into 3 stages: preprocessing, feature extraction, and SVM classification. Preprocessing stages are binerization, noise removal, thinning, cropping, and resizing. Feature extraction using Image Centroid Zone (ICZ) and Zone Centroid Zone (ZCZ). Furthermore, ICZ and ZCZ feature vectors become input training in SVM classification. Research results shows that: (1) the greater the size of the zone then the higher identification accuracy; (2) the smaller polynomial degree then the higher identification accuracy; (3) The best performance is obtained for 5x4 size zone and 2 degree polynomial with 97.33% identification accuracy.

Keywords: *biometrics, identification, signature, Support Vector Machine*

Corresponding Author

Endina Putri
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik
Universitas Bengkulu,
Email: endinaputri@unib.ac.id

Pendahuluan

Tanda tangan adalah salah satu biometrika yang dimiliki manusia. Sistem pengenalan tulisan tangan (*handwritten recognition*) dan pengenalan tanda tangan (*handwritten signature recognition*) dikembangkan sebagai salah satu opsi untuk membangun sistem identifikasi atau verifikasi yang berbasis biometrika manusia. Tanda tangan (*signature*) atau paraf adalah tulisan tangan yang diberikan gaya tulisan tertentu dari nama seseorang atau tanda identifikasi lainnya yang ditulis pada dokumen sebagai sebuah bukti dari identifikasi dan berlaku sebagai segel.

Dalam kehidupan sehari-hari, keberadaan tanda tangan yang terdapat pada sebuah dokumen menyatakan bahwa pihak yang menandatangani, mengetahui, dan menyetujui seluruh isi dokumen. Fungsi dari tanda tangan adalah untuk pembuktian keaslian sebuah dokumen legal. Bentuk tanda tangan setiap orang berbeda-beda dan unik, karena masing-masing orang memiliki pola tersendiri dalam penulisan tanda tangan.

Salah satu cara untuk dapat mengenali pola tanda tangan yaitu dengan membuat sistem aplikasi yang memanfaatkan teknik pengolahan citra dan rekayasa perangkat lunak. Iman [1] melakukan penelitian pengenalan tanda tangan dengan kinerja *Learning Vector Quantization (LVQ)*, *Neural Network*, dan pembangkitan variabel random uniform untuk vektor training. Akurasi pengujian dengan LVQ menunjukkan persentase sebesar 64.5%. Selanjutnya Lubis [2] melakukan pengenalan tanda tangan dengan menggunakan *Neural Network* dan pemrosesan awal *thinning*, serta metode Jaringan Saraf Tiruan (*JST*) *Backpropagation*. Tingkat pengenalan terhadap citra tanda tangan menggunakan *Backpropagation* sebesar 94%. Jariah [3] melakukan pengenalan pola tanda tangan menggunakan metode *Moment Invariant* dan jaringan saraf *Radial Basis Function (RBF)*, dengan pencapaian tingkat akurasi pengenalan sebesar 80%.

Makalah ini mengusulkan penerapan algoritma pengenalan pola tanda tangan yang lebih efektif melalui pendekatan *Support Vector Machine* dengan mengambil fitur ekstraksi citra tanda tangan menggunakan metode *Image Centroid Zone* dan *Zone Centroid Zone*. Tanda tangan setiap orang itu sangat unik dan setiap tanda tangan yang dibuat seseorang memiliki perbedaan

yang identik sehingga dengan memanfaatkan proses pengolahan citra digital dan rekayasa perangkat lunak dapat diketahui nilai vektor yang membedakan tanda tangan yang satu dengan tanda tangan yang lainnya dengan proses ekstraksi fitur. Ekstraksi fitur yang dimaksud adalah menghitung nilai rata-rata jarak titik pusat (*centroid*) ke tiap-tiap piksel.

Makalah ini tersusun dalam beberapa bagian sebagai berikut: pada bagian II menjelaskan ekstraksi fitur citra tanda tangan dengan algoritma *zoning* dan metode klasifikasi SVM; pada bagian III menjelaskan alur kerja metode identifikasi tanda tangan; bagian IV hasil dan pembahasan memberikan hasil eksperimen sesuai dengan algoritma yang diusulkan; dan kesimpulan pada bagian V.

Metodologi Penelitian

Tanda Tangan

Tanda tangan atau dalam bahasa Inggris disebut *signature* berasal dari bahasa Latin yaitu *signare* yang berarti tanda. Tanda Tangan adalah hasil proses menulis seseorang yang bersifat khusus sebagai substansi simbolik. Tanda tangan merupakan bentuk yang paling banyak digunakan untuk identifikasi seseorang. Tanda tangan berlaku sebagai segel yang berarti bahwa orang yang mencantumkan tanda tangan pada sebuah naskah/dokumen adalah orang yang bertanggung jawab terhadap isi naskah/dokumen tersebut.

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 [4].

Pengenalan Pola Tanda Tangan

Secara umum, pengenalan pola tanda tangan dilakukan dengan membandingkan tanda tangan yang akan dikenali dengan tanda tangan yang telah dipelajari dan disimpan sebelumnya. Proses ini dilakukan dengan membandingkan fitur-fitur dan ciri yang dimiliki oleh sebuah tanda tangan dimana tanda tangan seseorang itu identik namun tidak sama.

Fitur-fitur atau ciri ini dapat berupa rasio panjang dan lebar sebuah tanda tangan, persebaran garis dan rata-rata ukuran panjang titik pusat tanda tangan dengan setiap *point* pada garis tanda tangan. Permasalahannya adalah tanda tangan yang kita miliki selalu berbeda dari satu sampel ke sampel lainnya sehingga diperlukan metode yang tepat dan sampel data pelatihan tanda tangan serta proses yang tepat.

Fitur berbasis zona atau *Zoning* membagi citra menjadi sejumlah zona. Dalam proses fitur zona terbagi menjadi beberapa bagian baik horizontal dan vertikal sesuai dengan ukuran citra. Pada zona tersebut fitur-fitur citra akan diekstraksi.

Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur merupakan sebuah proses mengekstrak informasi-informasi yang paling relevan untuk dikategorikan dengan meminimalkan variasi antar pola dalam suatu kategori dan sekaligus memaksimalkan variasi antar kategori yang berbeda dari data mentah yang tersedia [5]. Algoritma untuk metode ekstraksi fitur *zoning* pada penelitian ini yaitu *Image Centroid Zone* dan *Zone Centroid and Zone*. Algoritma tersebut menggunakan citra digital sebagai *input* dan menghasilkan fitur vektor untuk klasifikasi dan pengenalan sebagai *output*-nya. Berikut merupakan tahapan dalam proses ekstraksi ciri ICZ+ZCZ [6]. Berikut adalah alur algoritma metode ICZ ZCZ.

- 1) Hitung *centroid* (pusat) dari citra masukan, *centroid* dari citra dinyatakan dengan nilai koordinat titik (x_c, y_c) , dengan rumus :

$$x_c = \frac{x_1 \cdot p_1 + x_2 \cdot p_2 + \dots + x_n \cdot p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}$$

$$y_c = \frac{y_1 \cdot p_1 + y_2 \cdot p_2 + \dots + y_n \cdot p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n}$$

Dengan x_c adalah *centroid* koordinat x , y_c adalah *centroid* koordinat y , x_n adalah koordinat x dari piksel ke- n , y_n adalah koordinat y dari piksel ke- n , dan p_n adalah nilai piksel ke- n

- 2) Bagi citra masukan ke dalam sejumlah n bagian yang sama.
- 3) Hitung jarak antara *centroid* citra dengan koordinat setiap piksel yang memiliki nilai 1 yang terdapat dalam masing-masing zona.

Jarak dihitung dengan metode *Euclidean Distance*, dengan rumus:

$$d(P, C) = \sqrt{(x_p - x_c)^2 + (y_p - y_c)^2} \quad (3)$$

Dimana d adalah jarak antara dua titik, P adalah koordinat titik berat, C adalah koordinat piksel, X_p adalah koordinat x titik berat, y_p adalah koordinat y titik berat, X_c adalah koordinat x piksel, dan y_c adalah koordinat y piksel.

- 4) Ulangi langkah 3 untuk semua piksel yang ada dalam zona.
- 5) Hitung jarak rata-rata antara titik-titik tersebut dengan rumus :

$$\text{Rataan jarak}_n = \frac{1}{\sum \text{jumlah jarak}} \cdot (\text{total jarak}) \quad (4)$$

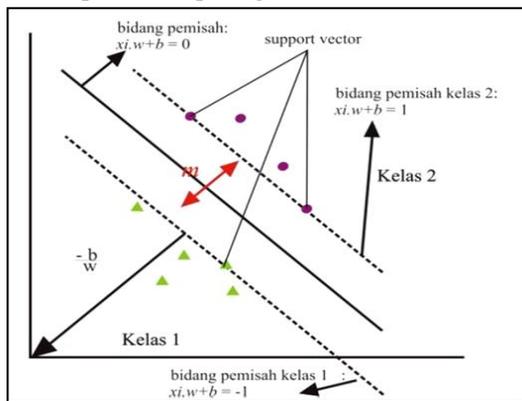
- 6) Hitung *centroid* tiap zona dengan (1) dan (2).
- 7) Hitung jarak antara *centroid* zona dengan setiap piksel yang ada dalam zona dengan (3).
- 8) Ulangi langkah 7 untuk semua piksel yang ada dalam zona.
- 9) Hitung jarak rata-rata antara titik-titik tersebut dengan (4).
- 10) Ulangi langkah 3-9 untuk semua zona secara berurutan
- 11) Hasilnya akan didapatkan $2n$ ciri untuk klasifikasi dan pengenalan (1)

Support Vector Machines (SVM) (2)

Support Vector Machine adalah suatu sistem pembelajaran yang menggunakan ruang hipotesis dari suatu fungsi *linear* dalam suatu ruang dimensi berfitur tinggi yang dikembangkan oleh Boser, Guyon, Vapnik, dan pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992 di *Annual Workshop on Computational Learning Theory*. SVM bertujuan menemukan fungsi pemisah (*classifier hyperplane*) terbaik untuk memisahkan dua buah kelas pada *input space*. *Hyperplane* terbaik antara dua kelas dapat ditemukan dengan mengukur *margin hyperplane* yang diperoleh dari

mengukur *margin* yang maksimal antara ruang *input non-linear* dengan ruang ciri menggunakan kaidah kernel. Prinsip kerja *SVM* ialah *linear classifier*, tetapi dapat bekerja juga pada problem *non-linear* dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang berdimensi lebih tinggi [7].

Misalkan data dinotasikan sebagai $\vec{x}_i \in \mathbb{R}^d$ untuk parameter kelas dari data x_i dinotasikan $y_i \in \{-1, +1\}$ untuk $i = 1, 2, \dots, l$, yang mana l adalah banyaknya data. Pemisahan data secara linear dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi *linearly separable* data

Diasumsikan kedua kelas -1 dan +1 dapat terpisah secara sempurna oleh *hyperplane*, yang didefinisikan :

$$\vec{w} \cdot \vec{x} + b = 0 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^l a_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l a_i a_j y_i y_j x_i x_j \quad (6)$$

Dari (6) akan didapatkan nilai a_i yang kebanyakan bernilai positif. Data yang berkorelasi dengan a_i yang positif disebut sebagai *support vector* [8]. Setelah nilai a_i ditemukan, kelas dari data pengujian dapat ditentukan berdasarkan nilai fungsi keputusan:

$$f(x_d) = \sum_{i=1}^N a_i y_i K(x_i, x_d) + b \quad (7)$$

$$w = \sum_{i=1}^N a_i y_i x_i \quad (8)$$

$$b = w \cdot x_i - y_i \quad (9)$$

Dengan fungsi keputusan $f(x_d)$, w adalah bobot, x_i adalah data pelatihan, x_d adalah data yang akan diklasifikasikan, N adalah jumlah *support vector*, y_i adalah parameter kelas, a_i adalah *support vector*, b adalah bias dan K adalah kernel. Salah satu fungsi kernel $K(x_i, x_d)$ yang umum digunakan ialah kernel polynomial. Persamaan

$$K(x_i, x_d) = (x_i^T x_d + 1)^p \quad (10)$$

Dengan pangkat T adalah *transpose* dan p adalah derajat *polynomial* ($p \geq 2$).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase keberhasilan pengenalan citra tanda tangan menggunakan metode klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) yang digabungkan dengan metode ekstraksi ciri *Image Centroid Zone* dan *Zone Centroid Zone*. Kemudian dapat menampilkan identitas dan informasi pemilik tanda tangan yang sesuai dengan klasifikasi SVM antara citra basis data atau citra *training* dengan citra *input* atau citra uji.

Jenis penelitian yang digunakan ini termasuk ke dalam penelitian terapan. Penelitian terapan (*Applied Research*) adalah penelitian yang hasilnya digunakan untuk membuat suatu keputusan dalam rangka memecahkan persoalan atau menguji hipotesis [9]. Penelitian terapan ini dilakukan untuk mengetahui persentase pengenalan tanda tangan menggunakan metode *Support Vector Machine* yang digabungkan dengan metode *ICZ* dan *ZCZ* dalam mengenali pola tanda tangan seseorang.

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra tanda tangan yang diambil melalui media *scanner*. Media *scanner* yang digunakan adalah *Printer Canon PIXMA MP237* dengan 600 dpi. Banyaknya data citra sebagai data primer adalah 15 sampel. Setiap sampel dilakukan pengambilan 15 kali dengan 10 sampel sebagai data *training* dan 5 sampel sebagai data *testing*. Sehingga total data *training* berjumlah 150 citra dan citra *testing* berjumlah 50 citra. Sumber data citra tersebut berformat *.jpg dengan resolusi 300 x 300 piksel.

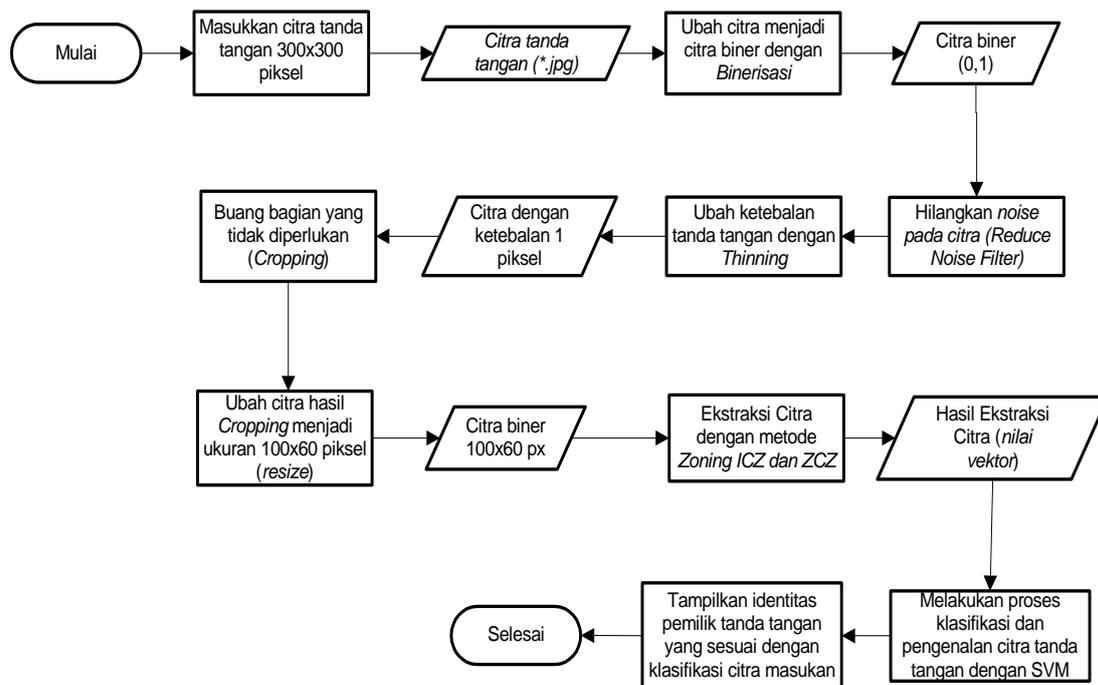
Fitur ekstraksi pada penelitian ini menggunakan metode *Image Centroid Zone* dan *Zone Centroid Zone* dengan ukuran zona 2x2, 4x3, 5x4, dan 10x6 serta nilai derajat polinomial sebesar 2, 3, dan 4. Pada Gambar 2 menunjukkan diagram alur kerja sistem. Sistem dimulai dengan pengambilan citra tanda tangan pada kertas A4 kemudian dipindai sehingga menghasilkan citra digital berukuran 300x300 piksel dalam format *.JPG.

Selanjutnya tahap *preprocessing* dimana citra dibinerisasi dengan mengubah menjadi citra biner 0 dan 1, kemudian penghilangan derau,

penipisan ketebalan tanda tangan menjadi 1 piksel (*thinning*), pemotongan bagian citra yang tidak diperlukan (*cropping*), dan pengubahan ukuran citra (*resize*) sehingga memiliki panjang dan lebar yang sama sebagai *input* sistem. Hasil dari tahap *preprocessing* ini adalah citra biner berukuran 100x60 piksel.

Hasil dan Pembahasan

Proses pelatihan dan pengenalan citra dilakukan dengan metode *Support Vector Machine* sebagai metode klasifikasi, *Image Centroid Zone*, dan *Zone Centroid Zone* sebagai metode ekstraksi fitur.



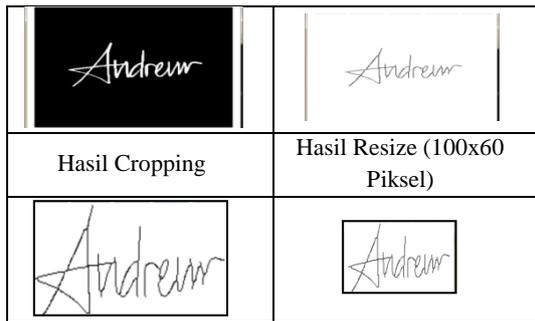
Gambar 2. Diagram alur kerja sistem

Setelah tahap *preprocessing* dilakukan, maka citra tersebut akan masuk ke tahap ekstraksi fitur. Pada tahap ini akan diambil fitur atau ciri dari tanda tangan menggunakan metode ekstraksi *Zoning ICZ* dan *ZCZ*. Metode ekstraksi fitur berbasis zona memberikan hasil yang baik bahkan ketika langkah sebelum proses tertentu dimulai seperti *filtering*, *smoothing*, dan menghapus zona yang tidak dianggap [6]. Hasil dari tahap ekstraksi fitur ini adalah nilai fitur vektor yang akan digunakan pada tahap akhir pengenalan tanda tangan dengan metode *Support Vector Machine*. Proses pengenalan citra tanda tangan dilakukan dengan melakukan *preprocessing* citra input dan mengekstraksi fitur citra input dengan metode *Zoning*, kemudian membandingkan nilai fitur *input* dengan nilai fitur citra *training* dengan menggunakan SVM.

Pengujian dilakukan menggunakan 4 nilai zona yaitu 2x2, 4x3, 5x4, dan 10x6 serta 3 tipe nilai derajat polinomial yaitu 2, 3, dan 4. Citra yang dimasukkan ke aplikasi terlebih dahulu akan diproses melalui tahap *preprocessing* citra yaitu *binerisasi*, *remove noise*, *thinning*, *cropping*, dan *resize*. *Preprocessing* ini bertujuan agar semua citra yang akan digunakan memiliki ukuran dan bentuk yang sama. Hasil dari tahap *preprocessing* dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Proses *preprocessing* citra tanda tangan

| Citra Sebelum Preprocessing | Hasil Binerisasi (0 dan 1) |
|-----------------------------|----------------------------|
| | |
| Hasil Remove Noise | Hasil Thinning |



Citra hasil dari *preprocessing* akan diproses untuk mengambil ciri citra tanda tangan melalui proses ekstraksi fitur. Pada ekstraksi fitur, semua tanda tangan akan dicobakan kepada setiap nilai zona dimana proses ini menghasilkan nilai vektor yang akan digunakan sebagai data pada klasifikasi SVM. Pada proses klasifikasi digunakan ketiga nilai polinomial sebagai nilai masukan pada derajat kernel polinomial untuk membagi citra ke dalam kelas berdasarkan pemilik citra. Hasil persentase pengenalan dari proses pengujian aplikasi ini dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

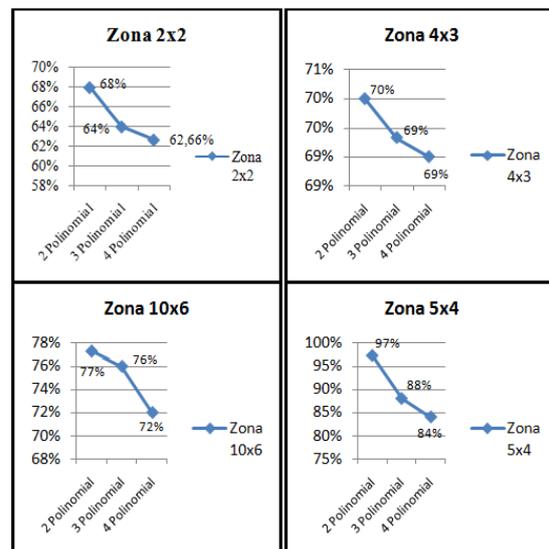
Tabel 2 Rata-rata akurasi aplikasi pengenalan pola citra tanda tangan

| No. | Zona | Polinomial | | | Rata-Rata Persentase per Zona |
|-------------------------------------|------|------------|---------|--------|-------------------------------|
| | | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | 2x2 | 68% | 64% | 62,66% | 64,89% |
| 2 | 4x3 | 70% | 69,33 % | 69,33% | 69,55% |
| 3 | 5x4 | 97,33 % | 88% | 84% | 89,78%, |
| 4 | 10x6 | 77,33 % | 76% | 72% | 75,11% |
| Rata Rata Persentase per Polinomial | | 78,17% | 74,33 | 71,99% | |

Berdasarkan hasil perlakuan terhadap 4 tipe zona pada aplikasi ini (lihat Tabel 2) diketahui bahwa semakin besar nilai zona yang digunakan, maka semakin tinggi persentase akurasi pengenalan yang diperoleh kecuali pada zona 10x6. Persentase akurasi pengenalan terbaik ada pada zona 5x4 dengan rata-rata sebesar 89,78% dan persentase akurasi pengenalan terburuk ada pada zona 2x2 dengan rata-rata sebesar 64,89%. Begitu juga dengan hasil perlakuan terhadap 3 tipe nilai polinomial pada aplikasi ini, semakin kecil nilai derajat polinomial yang digunakan, maka akan

semakin tinggi persentase akurasi pengenalan yang diperoleh. Persentase akurasi pengenalan terbaik ada pada derajat polinomial 2 dengan rata-rata sebesar 78,17% dan persentase akurasi pengenalan terburuk ada pada derajat polinomial 4 dengan rata-rata sebesar 71,99%. Grafik peningkatan akurasi berdasarkan derajat polinomial pada masing-masing zona dapat dilihat pada gambar 3.

Pada gambar 3 terlihat bahwa persentase pengenalan citra tanda tangan terbaik adalah pada zona 5x4 dengan 2 derajat polinomial. Sementara itu, persentase pengenalan terburuk ada pada zona 2x2 dengan 4 derajat polinomial. Derajat polinomial digunakan sebagai nilai transformasi data pada kernel (10) metode *Support Vector Machine*. Sehingga semakin besar nilai derajat polinomial yang digunakan, maka akan semakin luas transformasi data pengujian, sehingga nilai *support vector* yang ditemukan akan sedikit. Jika nilai zona ditingkatkan secara drastis seperti pada zona 10x6, maka akan menyebabkan nilai akurasi pengenalan menjadi berkurang karena sesuai dengan kelemahan metode SVM sendiri yaitu sulit dipakai dalam masalah berskala besar.



Gambar 3. Grafik persentase pengenalan terhadap derajat polinomial.

Berdasarkan hasil persentase pengenalan yang telah diperoleh pada aplikasi pengenalan citra tanda tangan ini, maka metode klasifikasi *Support Vector Machine* yang digabungkan dengan metode ekstraksi ciri *Image Centroid Zone* dan *Zone Centroid Zone* telah mendapatkan zona dan derajat

polinomial dengan persentase terbaik dalam pengenalan pola citra tanda tangan yakni pada zona 5x4 dan derajat polinomial 2 sebesar 97,33%. Hasil pengenalan tanda tangan ini lebih baik bila dibandingkan dengan Iman [1] dengan LVQ sebesar 64,5%, Lubis [2] dengan metode *Backpropagation* sebesar 94%, dan Jariah [3] dengan metode *Moment Invariant* dan *Radial Basis Function* (RBF) sebesar 80%.

Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Metode *Support Vector Machine* dan ekstraksi fitur menggunakan metode *Image Centroid Zone* dan *Zone Centroid Zone* telah berhasil melakukan pengenalan pola tanda tangan secara *offline*.
- 2) Persentase pengenalan pola tanda tangan pada penelitian ini dipengaruhi oleh nilai zona dan nilai derajat polinomial. Dengan nilai masukan sebagai berikut :
 - a. zona 2x2 dengan 2 polinomial sebesar 68%, 3 polinomial sebesar 64%, dan 4 polinomial sebesar 62,66%,
 - b. zona 4x3 dengan 2 polinomial sebesar 70%, 3 polinomial sebesar 69,33%, dan 4 polinomial sebesar 69,33%,
 - c. zona 5x4 dengan 2 polinomial sebesar 97,33%, 3 polinomial sebesar 88%, dan 4 polinomial sebesar 84%,
 - d. zona 10x6 dengan 2 polinomial sebesar 77,33%, 3 polinomial sebesar 76%, dan 4 polinomial sebesar 72%.
- 3) Aplikasi ini dapat menampilkan identitas pemilik tanda tangan secara akurat dengan persentase terbaik pada zona 5x4 dan derajat polinomial 2 yaitu sebesar 97,33% sementara untuk persentase terburuk pada zona 2x2 dan derajat polinomial 4 yaitu sebesar 62,66%.

Saran penelitian lebih lanjut untuk topik identifikasi tanda tangan adalah pengembangan metode yang lebih optimal dengan ekstraksi fitur kemiringan tanda tangan. Karena algoritma *Zoning* dalam makalah ini belum dapat mengenali tanda tangan dengan sudut-sudut kemiringan yang berbeda.

Daftar Pustaka

- [1] Iman, Budi Nur. *Uji Kinerja LVQ Neural Network dengan Pembangkitan Variabel Random Uniform untuk Vektor Training pada Pengenalan Tanda Tangan*. 2005. Retrieved Mei 3, 2014, from <http://ies.eepis-its.edu/prosiding/download.php?id=74>
- [2] Lubis, Chairisni dan Yuliana Soegianto. *Pengenalan Tanda Tangan Dengan Menggunakan Neural Network Dan Pemrosesan Awal Thinning Zhang Suen*. 2010. Retrieved Mei 12, 2014, from <http://fti.tarumanagara.ac.id/jurnal/index.php/lep/article/download/121/74>
- [3] Jariah, A. *Pengenalan Pola Tanda Tangan Menggunakan Metode Moment Invariant dan Jaringan Syaraf Radial Basis Function (RBF)*. Retrieved Mei 3, 2014, from <http://eprints.uny.ac.id/7127/1/M-11%20-%20Ainun%20Jariah.pdf>.
- [4] Abbas, R. *A Prototype System for off-line Signature Verification using Multilayered Feed Forward Neural Networks*. Thesis Departemen RMIT of Computer Science, 1994. Retrieved Mei 12, 2014, from http://eprints.dinus.ac.id/12373/1/jurnal_12301.pdf
- [5] Devijver, & Kittler. *Diagonal Based Feature Extraction for Handwritten Alphabets Recognition*. 1982. Retrieved Juni 18, 2014, from <http://rspublication.com/ijca/august%2012/24.pdf>
- [6] Rajashekaradhy, S., & Ranjan, P. Efficient zone based feature extraction algorithm for handwritten numeral recognition of four popular South Indian scripts. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 1171-1181, 2008.
- [7] Nugroho, A. S. *Support Vector Machine - Teori dan Aplikasinya dalam Bioinformatika*. 2003. Retrieved Mei 12, 2014, from <http://asnugroho.net/papers/ikcsvm.pdf>
- [8] Sembiring, K. *Penerapan Teknik Support Vector Machine untuk Pendeteksian Intrusi pada Jaringan*. 2007. Retrieved Mei 3, 2014, from <http://sutikno.blog.undip.ac.id/files/2011/11/tutorial-svm-bahasa-indonesia-oleh-krisantus.pdf>
- [9] Silalahi, U. *Metode Penelitian Sosial*. Bandung: PT. Refika Aditama. 2012.