

SISTEM PENGENALAN SESEORANG BERDASARKAN BENTUK GEOMETRI TANGAN MENGGUNAKAN METODE CHAIN CODE DAN MOMENT INVARIANT

Ni Made Dwi Antari¹, I Made Arsa Suyadnya², Made Sudarma³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : kominknmda@gmail.com¹, mdearsa@yahoo.com², sudarma@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

Sistem indentifikasi dengan menggunakan sistem biometrika geometri tangan telah berkembang dengan pesat. Sistem pengenalan geometri tangan merupakan sistem biometrika dengan mengukur bentuk, ukuran telapak tangan serta lebar dan panjang jari tangan manusia. Penelitian ini menggunakan gabungan metode *chain code* dan *moment invariant* untuk mendapatkan ciri-ciri geometri tangan yang nantinya sangat dibutuhkan untuk proses pencocokan antara citra geometri tangan yang tersimpan pada basis data dengan citra geometri tangan yang diinputkan pada modul identifikasi/verifikasi. Pengujian sistem pengenalan geometri tangan pada penelitian ini menggunakan 70 citra geometri tangan milik 10 orang partisipan. Hasil pengujian sistem dengan gabungan kedua metode mampu menghasilkan tingkat keberhasilan sebesar 94,17% dengan FAR = 0%, FRR = 5,83% dan nilai ambang = 103,819.

Kata Kunci : Biometrika, Geometri tangan, Chain Code, Moment Invariant.

1. PENDAHULUAN

Sistem pengenalan biometrika dengan menggunakan geometri tangan sangat berkembang. Berbagai metode untuk pengenalan geometri tangan manusia pun sudah mulai banyak diterapkan. Geometri tangan adalah struktur tangan seseorang termasuk bentuk, ukuran telapak tangan serta lebar dan panjang jari tangan manusia. Tipe biometrik ini sangat efektif dan gampang digunakan karena selain pengukurannya mudah dilakukan karena bentuk tangan yang khas juga karena tidak membutuhkan alat pengenalan yang rumit. Namun penjelasan tersebut masih dirasa belum mampu menyelesaikan permasalahan, sehingga perlu dibuatkan suatu sistem yang terkomputerisasi untuk membantu mengenali seseorang tersebut.

Penelitian sebelumnya tentang bentuk geometri tangan dengan metode *chain code* pernah dilakukan oleh Santosa dengan judul penelitian "Verifikasi Geometri Tangan Menggunakan Metode *Chain Code* dengan Metrika *Dynamic Time Warping*". Hasil penelitian Santosa menunjukkan bahwa dengan hanya menggunakan metode *chain code*, akurasi tertinggi sistem mencapai 84,67% [1].

Penelitian yang menggunakan metode *moment invariant* pernah dilakukan oleh Sholahuddin dengan judul "Metode *Moment Invariant* dan *Backpropagation Neural Network* Pada Pengenalan Wajah" Hasil penelitian

menunjukkan bahwa pengenalan wajah dengan penggabungan *moment invariant* dan *Backpropagation Neural Network* adalah cukup baik. Keakurasian pengenalan wajah dengan menggunakan 50 citra wajah adalah 98,22%. [2]

Pengembangan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu verifikasi dari bentuk geometri tangan dengan menggunakan perpaduan antara metode arah *chain code* dan *moment invariant*. Metode *moment invariant* digunakan untuk memperoleh matrik berdimensi rendah sehingga mempercepat waktu komputasi. melakukan ekstraksi ciri suatu citra digital yang mampu mengenali ciri citra tersebut meskipun ciri ini dilakukan perubahan rotasi, translasi dan skala citra. Sehingga penggabungan metode *chain code* dan *moment invariant* diharapkan mampu menghasilkan akurasi sistem yang lebih baik. Dalam penelitian ini akan dibahas bagaimana merancang dan membuat suatu sistem yang dapat mengenali seseorang melalui geometri tangan dengan menggunakan metode *chain code* dan *moment invariant*

2. KAJIAN PUSTAKA

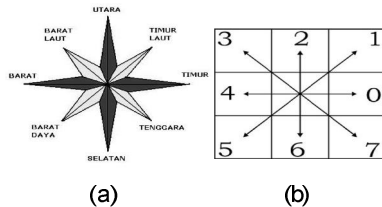
2.1 Sistem Biometrika

Sistem biometrika merupakan sistem pengenalan diri dengan melakukan keaslian identitas personal menggunakan karakter fisik manusia. Sistem ini dibagi menjadi dua modul yaitu modul pendaftaran yang berfungsi untuk mengambil data citra sampel dari partisipan dan

menyimpannya ke dalam basis data yang akan digunakan pada proses pencocokan. Pada modul identifikasi/verifikasi, citra hasil akuisisi data akan mengalami beberapa proses pengolahan citra digital, kemudian oleh *feature extraction* diproses menjadi representasi yang sama dengan data sampelnya dan dicocokkan untuk mendapatkan identitas [3].

2.2 Chain Code

Chain code adalah metode pemisahan ciri dengan cara melakukan penelusuran pixel-pixel objek dengan panduan arah mata angin. Panduan arah mata angin ditunjukkan pada Gambar 1 [1].



Gambar 1. (a) Arah mata angina, (b) Kode rantai arah mata angina [1].

Gambar 2 menunjukkan ilustrasi dari proses *chain code*.

Gambar 2. (a) Huruf Y Biner, (b) Arah Penelusuran Awal, (c) Acuan Kode Arah Mata Angin, (d) Hasil Chain Code Untuk Huruf Y [1].

Hasil akhir dari proses ekstraksi ciri berbasis *chain code* yang dilakukan adalah sebuah vektor ciri yang berisi informasi urutan *chain code* pembentuk huruf. Urutan *chain code* untuk setiap huruf dapat memiliki panjang yang berbeda, *Dynamic Time Warping* adalah metode untuk menghitung jarak antara dua data time series. Keunggulan DTW dari metode jarak yang lain adalah mampu menghitung jarak dari dua vector data dengan panjang berbeda. [1]

2.3 Moment Invariant

Moment invariant adalah fungsi nonlinear yang *invariant* terhadap rotasi, translasi dan skala

dan didefinisikan dalam *moment* geometri citra. Mekanismenya dilakukan dengan menghitung *moment* citra dan *moment* pusat citra menggunakan persamaan (1).

$$\omega_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y) \quad (1)$$

Dengan ω adalah *moment* citra, p dan q adalah orde *moment*, f adalah nilai intensitas warna citra, dan (x, y) adalah koordinat pixel.

Selanjutnya menentukan koordinat pusat citra berdasarkan *moment* citra yang dihitung menggunakan persamaan (2).

$$\bar{x} = \frac{\omega_{10}}{\omega_{00}} \quad \bar{y} = \frac{\omega_{01}}{\omega_{00}} \quad (2)$$

Untuk memperoleh *moment* yang *invariant* terhadap rotasi maka *moment* pusat diperoleh dengan menggunakan persamaan (3).

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q \quad (3)$$

Dengan μ adalah *moment* pusat, dan \bar{x}, \bar{y} adalah pusat citra. Supaya *moment* pusat *invariant* terhadap skala *moment* dinormalisasi menggunakan persamaan (4).

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^\lambda} \quad (4)$$

Dengan η adalah *moment* pusat normalisasi, dan $\lambda = 1 + (p + q) / 2$ untuk $p+q \geq 2,3$ sesuai dengan orde *moment* citra.

Berdasarkan normalisasi *moment* pusat dapat dihitung tujuh vector *moment invariant* dengan menggunakan persamaan (5), (6), (7), (8), (9), (10) dan (11).

$$\varphi_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \quad (5)$$

$$\varphi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \quad (6)$$

$$\varphi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \quad (7)$$

$$\varphi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \quad (8)$$

$$\varphi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} - \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} - \eta_{12})^2 - (\eta_{21} - \eta_{03})^2] \quad (9)$$

$$\varphi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \quad (10)$$

$$\varphi_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} - \eta_{03})^2] \quad (11)$$

Dengan φ adalah *moment invariant* [2] [4].

2.4 PERFORMANCE PENGUJIAN

Mengukur unjuk kerja sistem biometrika dinyatakan dengan tingkat kesalahan keputusan, yaitu *False Accept Rate* (FAR) yang merupakan tingkat kesalahan penerimaan akibat dari sistem menganggap sah pengguna yang tidak sah dan *False Reject Rate* (FRR) yang merupakan tingkat kesalahan penolakan akibat dari sistem menganggap tidak sah pengguna yang sah.

Nilai *False Accept Rate* (FAR) dan *False Reject Rate* (FRR) pada sistem biometrika ditentukan oleh nilai ambang yang sama. Pengujian sistem biometrika dilakukan secara berulang-ulang dengan menggunakan berbagai nilai ambang untuk mengetahui unjuk kerja terbaik sistem tersebut.

Nilai ambang yang dipilih adalah nilai ambang yang menghasilkan nilai kesalahan minimum, yaitu $E = \min(FAR + FRR)$. Tingkat akurasi sistem yang handal adalah sistem yang menghasilkan nilai *False Accept Rate* (FAR) dan nilai *False Reject Rate* (FRR) yang sekecil mungkin pada suatu nilai ambang tertentu [3].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Adapun beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

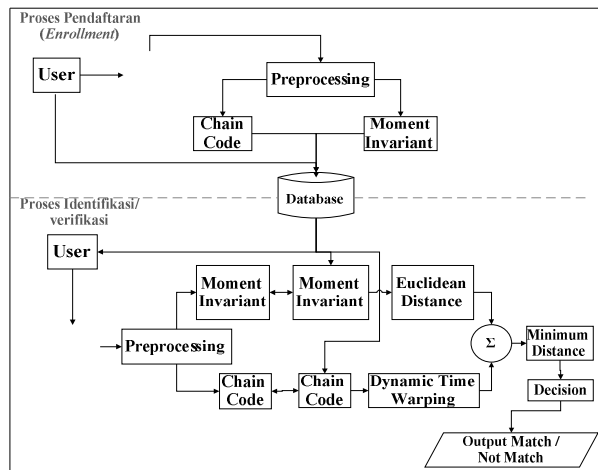
1. Studi Literatur, yaitu tahap pengumpulan informasi yang diperlukan untuk pengerjaan penelitian sekaligus mempelajarinya.
2. Perancangan dan implementasi sistem dirancang dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:
 - a. Pengumpulan citra geometri tangan dari partisipan menggunakan kamera digital untuk pengambilan citra geometri tangan.
 - b. *Pre-processing*: proses mempersiapkan citra geometri tangan agar dapat menghasilkan ciri yang lebih baik pada tahap pemisahan ciri (*feature extraction*).
 - c. *Feature extraction* : proses untuk mendapatkan ciri-ciri citra geometri tangan menggunakan metode *chain code* dan *moment invariant*.
 - d. Registrasi : proses penyimpanan ciri citra geometri tangan sampel ke dalam basis data.
 - e. Pencocokan : pengukuran kesamaan antara ciri citra geometri tangan yang akan diuji dengan ciri citra geometri tangan sampel untuk menghasilkan skor.
3. Integrasi Program, dilakukan untuk semua program yang telah diimplementasikan pada tahap sebelumnya sehingga dihasilkan

sebuah sistem verifikasi geometri tangan yang terintegrasi.

4. Uji coba dan analisis sistem dilakukan untuk mengetahui akurasi sistem dan penyajian hasil penelitian dalam bentuk grafik dan tabel untuk mempermudah analisis data hasil percobaan.

3.2 Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum dari sistem pengenalan geometri tangan menggunakan metode *Chain Code* dan *Moment Invariant* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambaran Umum Sistem

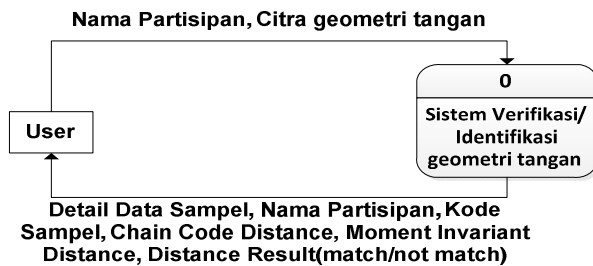
Dari Gambar 3 terdiri atas beberapa modul-modul sebagai berikut:

- a. Modul *Upload*, bertujuan untuk mendapatkan citra tangan yang akan digunakan baik untuk proses pendaftaran maupun proses verifikasi.
- b. Modul *Pre-processing*, bertujuan untuk menormalisasi citra tangan sebagai persiapan untuk modul pemisahan ciri.
- c. Modul *Features Extraction*. Untuk memperoleh ciri geometri tangan, citra tangan yang berukuran 320×240 pixel hasil *pre-processing* akan diekstraksi cirinya dengan metode *chain code* dan *moment invariant*.
- d. Modul Pencocokan, bertujuan untuk menentukan nilai kecocokan antara ciri tangan yang akan diuji dengan ciri tangan acuan. Untuk metode *Chain Code*, pencocokan dilakukan dengan menggunakan metode DTW (*Dynamic Time Warping*) dan untuk metode *moment invariant*, pencocokan dilakukan dengan menggunakan jarak *euclidean* antara ciri geometri tangan yang diuji dengan ciri geometri tangan acuan pada

- basis data, sehingga menghasilkan skor kecocokan pada masing-masing *feature*.
- e. Modul *Decision* (keputusan), bertujuan untuk memutuskan apakah citra geometri tangan pengguna cocok atau tidak cocok dengan citra data sampel pada sistem verifikasi geometri tangan. Keputusan dilakukan berdasarkan suatu nilai ambang (*Threshold*) yang ditentukan dari nilai *false accept rate* dan *false reject rate* yang diperoleh melalui pengujian sistem.

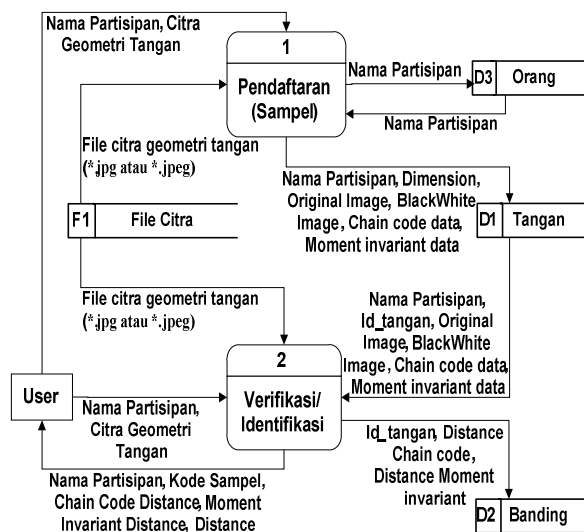
3.3 Pemodelan sistem dengan DFD (*Data Flow Diagram*)

Diagram konteks dari sistem pengenalan geometri tangan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Konteks

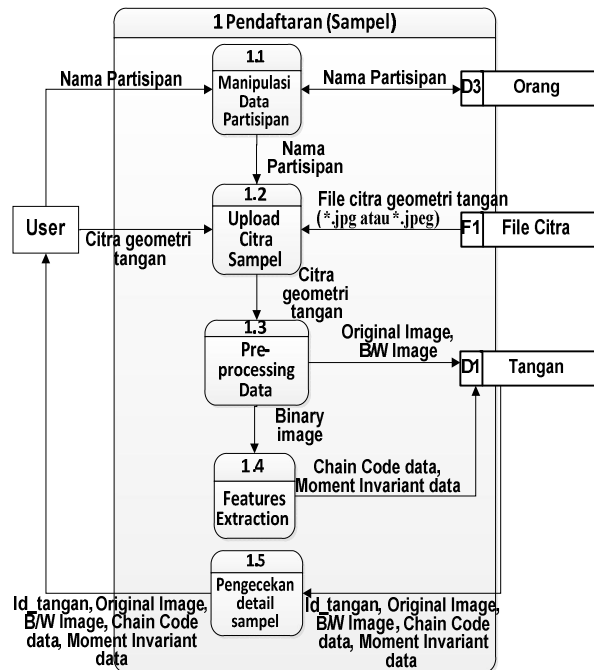
Gambar 4 menjelaskan masukan yang diperlukan adalah citra geometri tangan dari *User* dan keluarannya adalah *result (match/not match)* disertai keterangan hasil data fiturnya berupa nilai *distance chain code* dan *distance moment invariant*. *Data Flow Diagram* (DFD) Level 0 dari sistem pengenalan geometri tangan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 DFD level 0

Gambar 5 menunjukkan bahwa sistem ini terdiri dari dua bagian, yaitu modul untuk pendaftaran (*sampel*) yang berguna untuk mendaftarkan *user* pada sistem *database* beserta fitur geometri tangan *user*. Sedangkan modul verifikasi/identifikasi berguna untuk membandingkan fitur geometri tangan *user* dengan fitur yang telah tersimpan pada *database*.

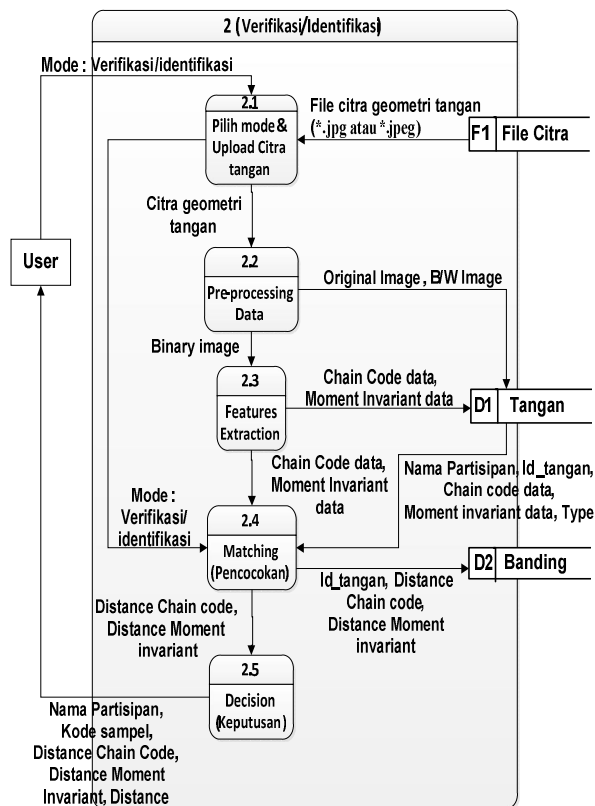
Data Flow Diagram (DFD) Level 1 dari sistem pengenalan geometri tangan pada penelitian ini dibagi ke dalam 2 proses. Proses yang pertama adalah proses pendaftaran (*sampel*) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. DFD level 1 modul Pendaftaran (*Sampel*)

Gambar 6 menjelaskan bahwa nama partisipan harus didaftarkan terlebih dahulu oleh *user* sebagai tanda pemilik fitur citra geometri tangan sampel. *User* kemudian melakukan proses *upload* citra geometri tangan *user* yang berada dalam folder citra, kemudian sistem meneruskan citra geometri tangan tersebut ke tahap *pre-processing* dimana pada tahap ini citra geometri tangan yang berwarna akan dikonversikan ke citra *grayscale* yang kemudian akan dikonversikan lagi ke citra biner. Kemudian sistem akan meneruskan citra biner tersebut ke tahap *feature extraction* dimana citra biner akan di-ekstrak dengan metode *chain code* dan *moment invariant*. Hasil citra geometri tangan tersebut akan disimpan ke dalam *database* tangan. *User* dapat mengecek atau melihat detail data sampel

yang telah disimpan. Proses yang kedua adalah proses verifikasi/identifikasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. DFD level 1 modul Verification/Identification

Gambar 7 menjelaskan bahwa *user* memilih mode sistem yang akan dilakukan terlebih dahulu. Terdapat dua mode sistem yang akan dilakukan yaitu mode verifikasi sebagai partisipan yang data sampelnya sudah tersimpan pada *database* tangan dan mode identifikasi. Kemudian *user* meng-*upload* citra geometri tangan *user* yang berada dalam folder citra dan kemudian dilakukan langkah-langkah pengambilan fitur citra geometri tangan dimana langkah-langkah tersebut sama seperti langkah-langkah pada modul pendaftaran (sampel), perbedaannya citra geometri yang sudah diekstrak akan di lakukan proses *matching* (pencocokan).

Proses *matching* (pencocokan) digunakan untuk menentukan nilai kecocokan antara ciri geometri tangan yang diuji dengan ciri geometri tangan sampel pada basisdata, dimana fitur ciri geometri tangan yang didapat dengan menggunakan metode *Chain Code* akan dilakukan pencocokan dengan menggunakan metode pencocokan DTW (*Dynamic Time*

Warping) dan untuk fitur ciri geometri tangan yang didapat dengan menggunakan metode *moment invariant* akan dilakukan pencocokan dengan menggunakan jarak *Euclidean*.

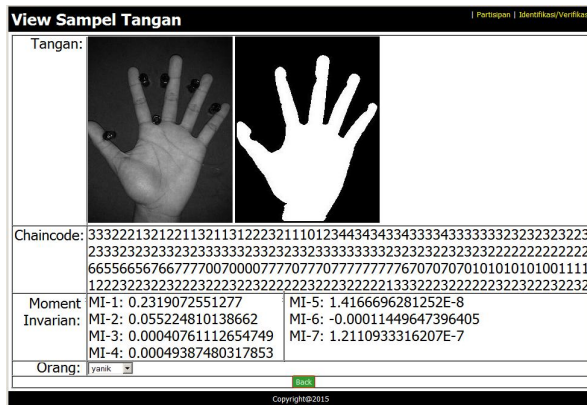
Selanjutnya sistem akan melanjutkan fitur ke tahap *decision* (keputusan). Tahap ini bertujuan untuk memutuskan apakah citra uji *user* cocok (*matching*) atau tidak cocok (*not match*) dengan citra sampel pada sistem pengenalan geometri tangan. Keputusan dilakukan berdasarkan suatu nilai ambang (*Threshold*) yang ditentukan dari nilai *False Acceptance Rate* (FAR) dan *False Rejection Rate* (FRR) yang diperoleh melalui pengujian sistem. Nilai ambang menentukan diterima atau ditolaknya sebuah citra tangan milik *user* oleh sistem. Jarak DTW (*Dynamic Time Warping*) dan jarak *euclidean* (*Euclidean distance*) yang didapat dari hasil pencocokkan dibandingkan langsung dengan nilai ambang dan diputuskan berdasarkan aturan jika jaraknya \leq nilai ambang maka lolos verifikasi sedangkan jika jaraknya $>$ nilai ambang maka tidak lolos verifikasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berupa sistem berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP dan basis data SQLite. Sistem ini terdiri dari dua modul, yaitu modul verifikasi/identifikasi dan modul pendaftaran (sampel) dimana *user* harus mendaftarkan nama partisipan terlebih dahulu sebagai tanda pemilik fitur citra geometri tangan sampel yang akan disimpan ke *database*.

User kemudian melakukan proses penambahan citra geometri tangan dengan meng-*upload* citra geometri tangan partisipan yang berada dalam folder citra. File citra geometri tangan harus memiliki format file JPEG (JPEG *image*, *.jpg atau *.jpeg), kemudian sistem meneruskan citra geometri tangan tersebut ke tahap *pre-processing* dimana pada tahap ini citra geometri tangan yang berwarna akan dikonversikan ke citra *grayscale* dan kemudian akan dikonversikan lagi ke citra biner.

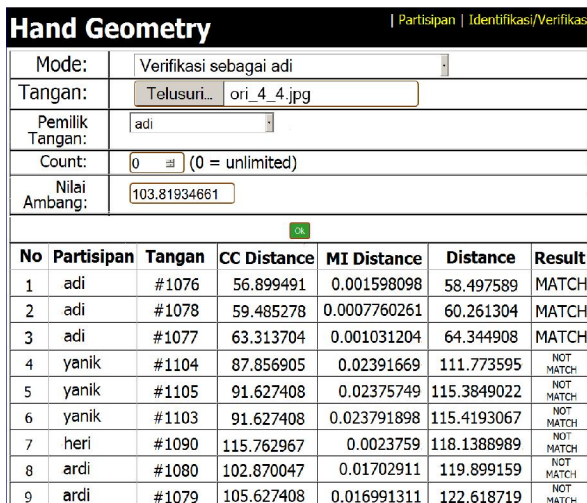
Citra biner hasil *pre-processing* yang sudah bersih akan di-ekstrak dengan metode *chain code* dan *moment invariant*. Gambar 8 menunjukkan hasil *pre-processing* dan *feature extraction* dari citra geometri tangan.



Gambar 8. Hasil pre-processing dan feature extraction citra geometri tangan sampel.

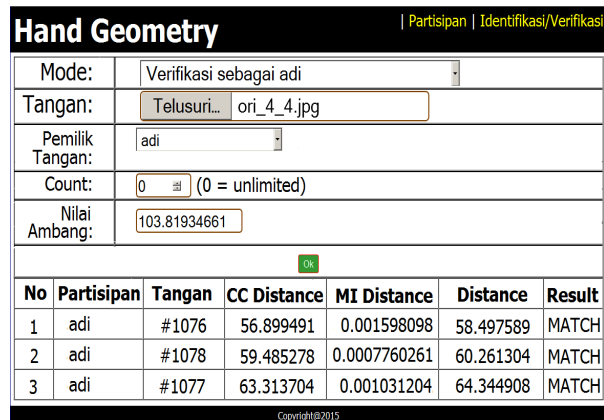
Gambar 5 memperlihatkan hasil citra *grayscale*, hasil citra biner, nilai *chain code* dan nilai *moment invariant* dari citra geometri tangan sampel yang disimpan pada basis data. Setelah melakukan proses pendaftaran sampel citra, *user* dapat memilih mode mana yang akan dilakukan terlebih dahulu. Terdapat dua mode sistem yang akan dilakukan yaitu mode verifikasi dan mode identifikasi. Untuk *mode* verifikasi, fitur citra uji akan dicocokkan dengan fitur citra sampel dari nama partisipan yang di pilih. Sedangkan untuk *mode* identifikasi, fitur citra uji akan dicocokkan dengan fitur citra sampel dari seluruh partisipan yang tersimpan di basis data.

Hasil pengujian sistem pengenalan geometri tangan dengan menggunakan metode *chain code* dan *moment invariant* ini, menggunakan 70 citra geometri tangan milik 10 orang partisipan. Setiap partisipan memberikan 7 citra yang terdiri atas 3 citra sampel yang cirinya akan disimpan di *database* dan 4 citra uji. Gambar 9 menunjukkan hasil dari mode identifikasi.



Gambar 9. Hasil mode identifikasi sistem

Pada Mode Identifikasi, sistem akan mencari (maksimal) 30 buah data geometri tangan yang paling mirip dengan data geometri tangan tersebut melalui data *chain code* dan *moment invariant*, kemudian menampilkannya ke dalam tabel berupa nama partisipan, kode citra tangan sampel, *chain code distance*, *moment invariant distance* dan *distance* dari data tersebut. *Distance* menyatakan nilai perbedaan antara data citra geometri tangan yang sedang ditampilkan di form dengan data sampel citra geometri tangan yang tersimpan di basis data. Nilai ini dihitung dengan menjumlahkan nilai *dynamic time warping* dari *chain code* dan nilai *euclidean* dari *moment invariant*. Data dalam tabel diurut dari data yang paling mirip (yang *distance*-nya paling kecil). Jika nilai *distance* tersebut nilainya di bawah nilai ambang maka *result* akan bertuliskan "Match", jika tidak maka akan bertuliskan "Not Match". Gambar 10 menunjukkan hasil dari mode verifikasi sistem.

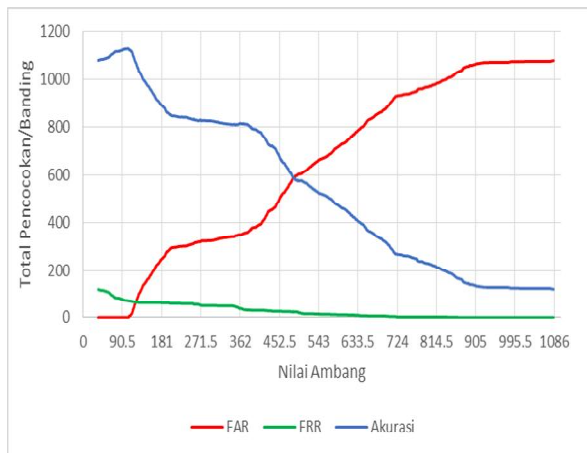


Gambar 10. Hasil mode verifikasi sistem

Pada mode verifikasi, sistem akan mencari data geometri tangan sesuai nama partisipan dari *database* yang paling mirip dengan data geometri tangan tersebut melalui data *chain code* dan *moment invariant*, kemudian menampilkannya ke dalam tabel berupa nama partisipan, kode citra tangan sampel, *chain code distance*, *moment invariant distance* dan *distance* dari data tersebut. Data dalam tabel diurut dari data yang paling mirip (yang *distance*-nya paling kecil). Jika nilai *distance* tersebut nilainya di bawah nilai ambang, maka *result* akan bertuliskan "Match" yang berarti identitas berhasil diverifikasi, sedangkan tidak berhasil memverifikasi identitas maka akan bertuliskan "Not Match".

Analisis unjuk kerja sistem untuk mode identifikasi diperoleh melalui proses pengujian menggunakan data pengujian sehingga diperoleh

akurasi pengenalan. Pada mode verifikasi unjuk kerja sistem dikenal 2 istilah yaitu FAR (*False Acceptance Rate*) menyatakan tingkat kesalahan penerimaan yang muncul akibat dari sistem menganggap sah pengguna yang tidak sah, Sedangkan FRR (*False Rejection Rate*) menyatakan tingkat kesalahan penolakan yang muncul akibat dari sistem menganggap tidak sah pengguna yang sah. Nilai FAR dan FRR sangat tergantung pada nilai ambang yang digunakan. Nilai ambang yang berbeda akan menghasilkan FAR dan FRR yang berbeda. Gambar 8 menunjukkan besarnya FAR, FRR dan akurasi menggunakan nilai ambang berdasarkan penjumlahan nilai *chain code distance* dan *moment invariant distance* yang didapat dari hasil pencocokan.



Gambar 11. hasil pengujian FAR dan FRR dengan metode *chain code* dan *moment invariant*

Gambar 11 memperlihatkan hasil pengujian *False Accept Rate (FAR)* yang ditunjukkan dengan warna merah, *False Reject Rate (FRR)* yang ditunjukkan dengan warna hijau, dan akurasi yang ditunjukkan dengan warna biru berdasarkan gabungan metode *chain code*, dan *moment invariant* dengan perbandingan weight 1:1000 dari pengujian identifikasi/verifikasi citra-citra telapak tangan sebanyak 10 orang x 4 buah citra terhadap citra telapak tangan registrasi sebanyak 10 orang x 3 buah citra. Total pencocokan yang terjadi adalah 1200 pencocokan.

Tabel 1 menunjukkan nilai persentase *False Accept Rate (FAR)*, *False Reject Rate (FRR)* dan akurasi menggunakan nilai ambang berdasarkan penjumlahan nilai *chain code distance* dan *moment invariant distance* yang didapat dari hasil pencocokan.

Tabel 1. Nilai FAR, FRR dan akurasi hasil pencocokan gabungan kedua metode.

Nilai Ambang	FAR (%)	FRR (%)	Akurasi (%)
60.261	0	8.75	91.25
69.516	0	7.5	92.5
92.359	0	6.25	93.75
103.819	0	5.83	94.17
110.231	0.92	5.75	93.33
112.674	1.5	5.58	92.92
115.419	2.75	5.58	91.67

Setelah dilakukan percobaan dipilih satu nilai *False Accept Rate (FAR)* dan *False Reject Rate (FRR)* yang memiliki tingkat akurasi yang terbaik dibandingkan dengan lainnya yaitu FAR = 0%, FRR = 5.83% dengan akurasi sebesar 94.17%.

5. SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem pengenalan seseorang berdasarkan bentuk geometri tangan menggunakan metode *chain code* dan *moment invariant* dibuat dengan menggunakan beberapa tahapan yaitu tahap pengumpulan citra geometri tangan, tahap pre-processing, tahap *feature extraction*, tahap pencocokan dan tahap *decision* (keputusan).
2. Dengan menggunakan metode gabungan *chain code* dan *moment invariant* menghasilkan *verification threshold* yang memberikan nilai akurasi terbesar adalah $distance=103.819$ dengan *False Accept Rate (FAR)* sebesar 0%, *False Reject Rate (FRR)* sebesar 5.83% dan akurasi yang didapat sebesar 94.17%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Santosa, AM. Verifikasi Geometri Tangan Menggunakan Metode *Chain Code* Dengan Metrika *Dynamic Time Warping*. Tugas Akhir. Denpasar: Universitas Udayana; 2010.
- [2] Solahuddin A. Metode *Moment Invariant* dan *Backpropagation Neural Network* Pada Pengenalan Wajah, *Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir*. 2012; 283-295.
- [3] Putra, D. Sistem Biometrika. Yogyakarta: Andi. 2009.
- [4] Salambue, R. Pengenalan Pola Tanda Tangan dengan Metode *Moment Invariant* dan *Euclidean Distance*, *Jurnal Informatika*. 2003; Vol. 1 Nomor 1: 461-464.