

Pengenalan Ciri Garis Telapak Tangan Menggunakan Ekstraksi Fitur (GLCM) dan Metode (K-NN)

Intan Purnamasari¹⁾, T. Sutojo²⁾

Program Studi Teknik Informatika S-1, Universitas Dian Nuswantoro Semarang

Jl. Imam Bonjol No.207 Gedung H Semarang 50131 Telp. (024)3575916

*E-mail :111201106091@mhs.dinus.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan terhadap sistem pengenalan diri (*personal recognition*) yang handal dan dapat dipercaya semakin meningkat untuk keamanan sistem^[2]. Biometrika merupakan pengembangan dari metode dasar identifikasi seseorang dengan menggunakan karakteristik alami manusia, salah satunya telapak tangan^[1]. Biometrika Telapak tangan (*palmprint*) dipilih karena memiliki karakteristik unik berupa ciri garis-garis utama (*principal-line features*), ciri garis kusut (*wrinkles features*) dan bersifat stabil^[2]. Permasalahan penting yang harus dijawab adalah “apakah identitas saya sama dengan identitas yang saya sebutkan?”. Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah *K-Nearest Neighbors (K-NN)* dan menggunakan fitur ekstraksi *Gray level co-occurrence matrix (GLCM)*. Tahap penelitian dimulai dengan pengambilan sampel garis telapak tangan, selanjutnya akan dilakukan *preprocessing* dengan mengubah citra *rgb* ke *grayscale*. Hasilnya akan diekstraksi fitur dengan menggunakan fitur *GLCM*. Tahap selanjutnya adalah melakukan klasifikasi antara citra latih dengan citra uji dengan menggunakan metode *K-Nearest Neighbors (K-NN)*. Hasil klasifikasi tersebut akan dihitung tingkat akurasi. Serta membandingkan hasil akurasi dengan mengubah arah sudut pada *GLCM* dan Jumlah *K* pada *K-Nearest Neighbour (K-NN) Classifier*. Pada penelitian ini, sampel yang digunakan 103 citra dimana 78 citra telapak tangan untuk citra latih dan 26 citra uji dimana setiap responden mewakili 4 sampel telapak tangan, sehingga hasil akurasi sebesar 92.3%.

Kata kunci : identifikasi, biometrika, telapak tangan, *Gray level co-occurrence matrix*, *K-Nearest Neighbour*

ABSTRACT

The necessity of trustworthy self-introduction is increasing for safety system. Biometric is a development of person basic identification using human natural characteristic, in this case is palm of hand. *Palmprint* biometric is chosen for it has a unique characteristic including tangled lines (*wrinkles features*) and are stable. The main thing of this question is “what is my identity similar with the thing that I mention or guess?”. In this analysis, the writer chooses *KNN* method and extract of *GLCM* features to solve this research. The sequences of the research begin with a sample of *palmprint*, then it continues by changing the image of *RGB* to *grayscale*. The output of the preprocessing is extracted by using *GLCM* features. The next step is classifying between trained image and tested image using *K-NN* method. The result of the classification is measured based on level of its accuracy and comparing the accuracy result by changing directed corner to *GLCM* and total of *K* in *K-NN*. In the research, the sample used by amount of 103 images which consist of 78 *palmprint* image for trained image and 26 tested image on each respondents represented by 4 samples of *palmprint*. Then, the output of total accuracy is amount 92,3%

Keywords : identification, biometric, *plamprint*, *Gray level co-occurrence matrix*, *K-Nearest Neighbour*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap sistem pengenalan diri (*personal recognition*) secara otomatis yang handal, dan dapat dipercaya semakin meningkat terutama untuk sistem keamanan. Kode telapak tangan (*palm code*) adalah kode unik yang diperoleh melalui ekstraksi fitur telapak tangan seseorang yang dapat digunakan sebagai identitas pembeda dengan orang lain. Telapak tangan memiliki beberapa karakteristik unik seperti, ciri garis geometri seperti panjang, lebar, dan luas area telapak tangan, ciri garis utama seperti garis hati, garis kepala, dan garis kehidupan, garis kusut/lemah. Dari beberapa penelitian menyebutkan bahwa ekstraksi ciri dengan menggunakan GLCM adalah metode ekstraksi yang paling baik. Oleh karena itu, dalam Tugas Akhir ini peneliti menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)* untuk ekstraksi ciri dan klasifikasi antara citra latih dengan citra uji dengan menggunakan metode *K-Nearest Neighbors (K-NN)* untuk pengenalan ciri garis telapak tangan.

Adapun tujuan yang hendak dicapai dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah mengimplementasikan algoritma *Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)* sebagai ekstraksi ciri dan *K-Nearest Neighbors (K-NN) Classifier* dan mengetahui berapa akurasi yang didapat dari ekstraksi fitur *Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)* dan metode *K-Nearest Neighbour (K-NN) Classifier* dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasi garis telapak tangan.

Agar masalah yang dibahas terarah dan tidak menyimpang dari judul dan tujuan sebenarnya, maka masalah yang dibahas dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Ciri biometrika telapak tangan yang akan diproses adalah ciri garis-garis telapak tangan.
2. Identifikasi dan pengujian hanya dilakukan pada telapak tangan sebelah kiri dan pada posisi diam.
3. Citra telapak tangan yang digunakan adalah citra berwarna (citra RGB).
4. Citra telapak tangan yang digunakan untuk pengamatan adalah citra telapak tangan manusia normal (tidak terdapat luka atau cacat).
5. Citra telapak tangan yang akan diproses tidak memiliki gangguan (coretan atau kotoran lainnya).
6. Pengambilan citra sebanyak 4(empat)kali dan menggunakan format JPEG.
7. Mengimplementasikan algoritma *Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)* sebagai ekstraksi ciri dan *K-Nearest Neighbors (K-NN) Classifier* untuk pengklasifikasi garis telapak tangan.
8. Dataset yang digunakan adalah citra telapak tangan kiri berjumlah 104 citra sampel dengan rincian 78 citra latih dan 26 citra uji.
9. Bahasa pemrograman yang digunakan menggunakan Matlab R2012a.

2. METODE

2.1 Persiapan Pengolahan Citra

Langkah awal yaitu menyiapkan citra garis telapak tangan seseorang yang nantinya akan dijadikan menjadi citra *training* dan citra *testing*.



Gambar 2.1 : Citra Asli

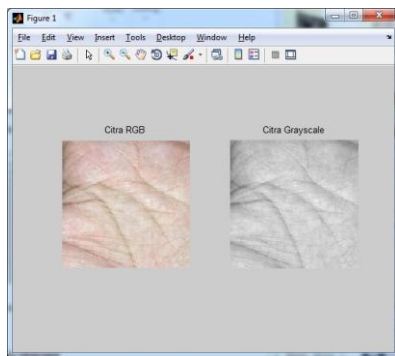
kemudian meresize ukuran citra menjadi ukuran 640x480 piksel dan mengubah citra tersebut menjadi *grayscale* dengan 256 derajat keabuan dan kemudian dilakukan proses *cropping*.



Gambar 2.2 : Citra Cropping

2.2 Pengolahan Citra

Langkah selanjutnya adalah proses pengolahan dengan mengubah citra ke dalam bentuk *grayscale*.



Gambar 2.3 : Citra Asli ke Grayscale

Kemudian mengubah ke bentuk matriks dan menentukan piksel tetangga berupa sudut 0° , 45° , 90° , 135° dan jarak $d = 1$. Dan normalisasi matriks untuk mengubahnya ke bentuk probabilitas. kemudian mengambil 4 ekstraksi fitur yaitu *Contrast*, *Correlation*, *Energy* dan *Homogeneity* serta mengklasifikasikan dengan K-NN dengan nilai $k = 1, 3, 5, 7$, dan 9 . Terakhir menghitung akurasi dan membandingkan akurasi yang didapatkan.

2.3 PUSTAKA

2.3.1 Telapak Tangan

Telapak tangan merupakan salah satu biometrika yang memiliki karakteristik unik berupa garis-garis utama pada telapak tangan dan bersifat stabil^[8]. Telapak tangan memiliki

karakteristik unik yang sangat menjanjikan untuk digunakan, antara lain^[4]:

1. Ciri Geometrik (*geometry features*)
Ciri ini menyangkut bentuk geometri telapak tangan seperti panjang, lebar, dan luas area tangan. Ciri ini jumlahnya sedikit, mudah diperoleh, dan mudah dipalsukan.
2. Ciri garis-garis utama (*principal-line features*)
Garis-garis utama dapat digunakan untuk membedakan antara satu orang dengan orang lain. Garis-garis ini bersifat unik, stabil, dan sedikit mengalami perubahan dalam satu kurun waktu yang cukup lama. Terdapat tiga jenis garis utama, yaitu garis hati (*heart line*), garis kepala (*head line*), dan garis kehidupan (*life line*).
3. Ciri garis-garis kusut (*wrinkle features*)
Telapak tangan banyak mengandung garis kusut atau tipis yang sifatnya berbeda dengan garis utama. Garis-garis ini mampu menghasilkan ciri yang lebih rinci.
4. Ciri titik delta (*delta-point features*)
Terdapat lima daerah delta, seperti daerah pada akar jari-jari dan di luar daerah jari-jari. Titik ini bersifat stabil, namun sulit untuk memperoleh ciri ini dari citra telapak tangan resolusi rendah.
5. Ciri minusi (*minutiae features*)
Minusi merupakan pola bukti dan lembah pada permukaan telapak tangan seperti pada sidik jari. Ciri minusi hanya dapat diperoleh pada citra telapak tangan yang beresolusi tinggi dan membutuhkan komputasi tinggi.

2.3.2 Citra

Citra merupakan representasi (gambaran), kemiripan atau imitasi dari

suatu objek. Sebuah citra mengandung informasi tentang objek yang direpresitasikan. Citra dapat dikelompokkan menjadi citra tampak dan citra tak tampak. Untuk dapat dilihat mata manusia, citra tak tampak harus dirubah menjadi citra tampak, misalnya dengan penampilannya dimonitor, dicetak dikertas dan sebagainya. Citra digital merupakan contoh citra tak tampak_[12].

2.3.3 Preprocessing

Preprocessing adalah tahapan dimana gambar diberikan peningkatan kualitas citra (*image enhancement*). Tujuan utama dari peningkatan citra adalah untuk memproses citra sehingga citra yang dihasilkan lebih baik dari citra asli untuk aplikasi tertentu. Beberapa proses peningkatan kualitas citra digital adalah_[14] :

1. Operasi Negasi (*Invers*)
Operasi negasi dipakai untuk mendapatkan citra negatif, seperti film (negatif) dari hasil cetak foto.
2. Kecerahan (*Brightness*)
Operasi brightness digunakan untuk mengontrol nilai warna citra agar diperoleh tingkat kecerahan sesuai keinginan.
3. Kontras (*Contrast*)
Kontras adalah tingkat penyebaran piksel-piksel ke dalam intensitas warna.
4. Operasi ambang batas (*Thresholding*)
Thresholding merupakan proses mengubah citra *grayscale* menjadi citra biner dengan syarat memenuhi nilai ambang batas, Piksel-piksel yang nilai intensitasnya dibawah 128 diubah menjadi hitam (nilai intensitas = 0), sedangkan piksel-piksel yang nilainya diatas 128 diubah menjadi putih (nilai intensitasnya = 255).
5. Perataan histogram (*Histogram Equalization*)

Histogram merupakan diagram yang menunjukkan jumlah kemunculan gray level (0-255) pada suatu citra, sehingga tujuan histogram equalization adalah agar pemetaan gray level pada citra berubah lebih merata.

6. Penajaman Citra (*Sharpen*)
Sharpen digunakan agar citra terlihat lebih tajam yaitu dengan mempertahankan frekuensi tinggi dan membuang frekuensi rendah. Hal ini disebut dengan prinsip *High Pass Filter* (HPF).
7. Penghalusan (*Smoothing*)
Smoothing bertujuan agar citra terlihat lebih lembut, tidak kasar, dan merata yaitu dengan mempertahankan frekuensi rendah dan membuang frekuensi tinggi. Hal ini merupakan prinsip dari *Low pass Filter* (LPF)

2.3.4 Tekstur

Tekstur adalah konsep intuitif yang mendeskripsikan tentang sifat kehalusan, kekasaran, dan keteraturan dalam suatu daerah/wilayah (*region*). Dalam pengolahan citra digital, tekstur didefinisikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel yang bertetangga. Secara umum tekstur mengacu pada pengulangan elemen-elemen tekstur dasar yang disebut primitif atau teksel (*texture element-textel*)_[10].

Syarat-syarat terbentuknya suatu tekstur antara lain :

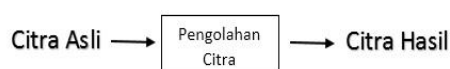
- a. Adanya pola-pola primitif yang terdiri dari satu piksel atau lebih. Bentuk-bentuk pola primitif ini dapat berupa titik, garis lurus, garis lengkung, dan luasan yang merupakan elemen dasar dari sebuah tekstur.
- b. Pola-pola primitif tersebut muncul berulang-ulang dengan interval dan arah tertentu sehingga dapat

diprediksi atau ditemukan karakteristik pengulangannya.

Suatu citra memberikan interpretasi tekstur yang berbeda apabila dilihat dengan jarak dan sudut yang berbeda. Manusia memandang tekstur berdasarkan deskripsi yang bersifat acak seperti halus, kasar, teratur, tidak teratur, dan sebagainya. Hal ini merupakan deskripsi yang tidak tetap dan non-kuantitatif, sehingga diperlukan adanya suatu deskripsi yang kuantitatif (matematis) untuk memudahkan analisis.

2.3.5 Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Dalam buku [14], citra adalah representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi gambaran dari suatu objek. Citra dibagi menjadi dua yaitu citra analog dan citra digital. Citra analog memiliki sifat kontinu seperti gambar yang terdapat dalam televisi, foto yang tercetak dalam kertas, lukisan dan hasil CT scan. Citra analog tidak bisa direpresentasikan pada komputer sehingga komputer tidak bisa mengolah sebuah citra analog. Sedangkan citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer.



Gambar 2.4 : Skema Pengolahan Citra

2.3.6 Piksel

Piksel adalah Sebuah citra yang disimpan kedalam sebuah komputer digital harus disimpan ke dalam format yang dapat diolah oleh sebuah program komputer digital. Yaitu dengan cara membagi citra ke dalam sekumpulan sel-sel diskret. Piksel ini sendiri adalah sebuah kisi-kisi persegi yang kecil. Selanjutnya setiap piksel diberi nilai sesuai dengan nilai kecerahan warna

piksel itu sendiri, biasa disebut intensitas piksel^[3]

2.3.7 Grey Level Co-Occurrence Matrix

Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) adalah suatu matriks yang elemennya merupakan jumlah pasangan piksel yang memiliki tingkat kecerahan tertentu, dimana pasangan piksel ini terpisah dengan jarak d , dan dengan suatu sudut inklinasi θ . Arah piksel tetangga untuk mewakili jarak dapat dipilih, misalnya 135° , 90° , 45° , 0° . Beberapa jenis ciri tekstur yang dapat diekstraksi dengan matriks kookurensi^[14]. Beberapa diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Energi (*Energy*) menyatakan ukuran konsentrasi pasangan dengan intensitas keabuan tertentu pada matriks.

$$f_1 = \sum_{i,j} P_d^2(i,j)$$

Dimana $p(i, j)$ menyatakan nilai pada baris i dan kolom j pada matriks kookurensi.

2. Entropi (*Entropy*) Menunjukkan ketidakteraturan ukuran bentuk.. Entropi mengukur informasi atau pesanyang hilang dari sebuah sinyal tranmisi juga menghitung informasi gambar^[21].

$$f_2 = -\sum_i \sum_j p_d(i,j) \log(p_d(i,j))$$

3. Kontras (*Contrast*) merupakan hasil perhitungan yang berkaitan dengan jumlah keberagaman intensitas keabuan dalam citra.

$$f_3 = \sum_i \sum_j (i-j)^2 p_d(i,j)$$

4. Homogenitas (*Homogeneity*)

$$f_4 = \sum_i \sum_j \frac{Pd(i,j)}{1+|i-j|}$$

5. Korelasi (*Correlation*)
menunjukkan ukuran ketergantungan linear derajat keabuan citra sehingga dapat memberikan petunjuk adanya struktur linear dalam citra.

$$f_5 = \sum_i \sum_j \frac{ijPd(i,j) - U_x U_y}{\sigma_x \sigma_y}$$

6. Momentum selisih invers (*Inverse Difference Moment*)
IDM merupakan homogenitas lokal. Jumlahnya akan semakin tinggi jika level keabuan lokanya seragam dan invers GLCMnya tinggi[21].

$$F_6 = \sum_i \sum_j \frac{1}{1+(i-j)^2} Pd(i,j)$$

7. Rata-rata Jumlah (*Sum Average*)

$$F_7 = \sum_{k=2}^{2N} k \sum_{i,j} Pd(i,j)$$

8. Entropi Jumlah (*Sum Entropy*)

$$F_8 = - \sum_{k=2}^{2NG} \sum_{i,j} Pd(i,j) \log(Pd(i,j))$$

9. Varians Jumlah (*Sum Variance*)

$$F_9 = \sum_{k=2}^{2NG} \sum_{i,j} (k - F_7)^2 Pd(i,j)$$

Pada penelitian kali ini, saya menggunakan empat ekstraksi fitur yaitu *Energy*, *Entropy*, *Contrast*, dan *Homogeneity* untuk mengekstraksi citra garis telapak tangan.

2.3.8 K-Nearest Neighbour (K-NN)

Metode k-nearest neighbor adalah suatu metode yang menggunakan algoritma *supervised* dimana hasil dari *query instance* yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategori pada KNN. Tujuan algoritma ini adalah mengklasifikasi objek baru berdasarkan atribut dan *training sample*. *Classifier* tidak menggunakan metode apapun

untuk dicocokkan dan hanya berdasarkan pada memori. Diberikan titik *query*, akan ditemukan sejumlah *k* obyek atau (titik *training*) yang paling dekat dengan titik *query*. Klasifikasi menggunakan *votting* terbanyak diantara klasifikasi dari *k* obyek. Algoritma KNN menggunakan klasifikasi ketanggaan sebagai nilai prediksi dari *query instance* yang baru. Algoritma metode KNN sangatlah sederhana, bekerja berdasarkan jarak terpendek dari *query instance* ke *training sample* untuk menentukan KNN-nya. *Training sample* diproyeksikan ke ruang berdimensi banyak, dimana masing-masing dimensi merepresentasikan fitur dari data. Ruang ini dibagi menjadi bagian-bagian berdasarkan klasifikasi *training sample*[12].

Jarak Euclidean digunakan untuk menghitung jarak antara dua vektor yang berfungsi menguji ukuran yang bisa digunakan sebagai interpretasi kedekatan jarak antara dua objek yang direpresentasikan dalam persamaan[7]:

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_j)^2}$$

dengan :

d = jarak data uji ke data pembelajaran

X_i = data uji ke-*i*, dengan *i* = 1,2,.....,n

Y_j = data uji ke-*j*, dengan *j* = 1,2,.....,n

2.3.9 Perhitungan Akurasi

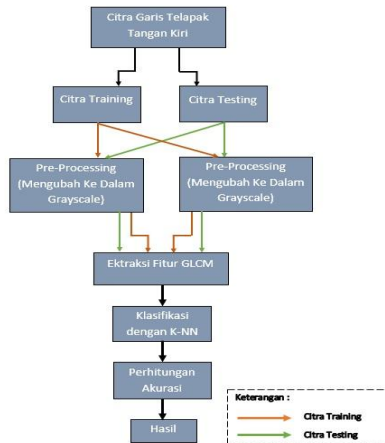
Tingkat akurasi adalah tingkat keakuratan jaringan yang telah dibuat dalam mengenali inputan citra yang diberikan sehingga menghasilkan outputan yang benar. Secara matematis tingkat akurasi bisa dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$akurasi = \frac{jumlah\ data\ benar}{jumlah\ data\ keseluruhan} \times 100$$

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 SKEMA PROSES

Skema alur pengenalan ciri garis telapak tangan dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1

Berikut penjelasan proses-proses yang terdapat pada skema proses untuk identifikasi garis telapak tangan seseorang:

1. Citra garis telapak tangan yang berjumlah 104 yang telah diambil sampelnya diubah ukurannya menjadi 640x480 piksel.
2. Sampel telapak tangan dibagi menjadi 2 data yaitu data training 76 sampel dan data testing 26 sampel.
3. Dari setiap data tersebut diubah menjadi diubah menjadi citra grayscale.
4. Kemudian dilakukan 4 ekstraksi fitur yaitu *Correlation*, *Energy* dan *Homogeneity*.
5. Setelah itu dilakukan klasifikasi K-NN dengan nilai $k = 1, 3, 5, 7$, dan 9.
6. Terakhir menghitung akurasi dan membandingkan akurasi yang didapatkan.

3.2 Hasil Pengujian

Dari tabel 3.1 terlihat bahwa akurasi tertinggi terjadi saat GLCM menggunakan sudut 90° dan K-NN menggunakan nilai k sebesar 7 mencapai 92,3% dengan 26 data testing yang benar sejumlah 24 data dan yang salah sejumlah 2 buah.

GL CM	K-NN	Jumlah Data Benar	Jumlah Data Salah	Akurasi
Sudut	Nilai k			
0°	1	21	5	80.8%
	3	19	7	73.1%
	5	19	7	73.1%
	7	20	6	76.9%
	9	18	8	69.2%
45°	1	20	6	76.9%
	3	20	6	76.9%
	5	18	8	69.2%
	7	21	5	80.7%
	9	19	7	73.1%
90°	1	23	3	88.5%
	3	20	6	76.9%
	5	23	3	88.5%
	7	24	2	92.3%
	9	22	4	84.6%
135°	1	20	6	76.9%
	3	17	9	65.4%
	5	19	7	73.1%
	7	22	4	84.6%
	9	21	5	80.8%

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya adalah dengan menggunakan fitur ekstraksi GLCM dengan empat fitur ekstraksi yaitu Kontras, Korelasi, Energi, dan Homogeniti serta metode klasifikasi K-NN mampu membedakan citra garis telapak tangan. Dan hasil akurasi yang diperoleh dari penelitian ini mencapai 92,3% dengan menggunakan menggunakan sudut pengenalan pada GLCM 90^0 dan nilai K pada K-NN bernilai 7. Sedangkan akurasi terendah adalah 65,4% yaitu pada saat GLCM menggunakan sudut 135^0 dan nilai K pada K-NN sebesar 3. Hal ini menunjukkan perubahan pada sudut GLCM dan besarnya nilai K pada K-NN akan mempengaruhi besarnya akurasi yang didapatkan. Kesalahan pengenalan citra disebabkan akuisisi citra dan proses pengolahan awal yang belum sempurna. Untuk penelitian lebih lanjut diharapkan dapat memperbaiki kekurangan yang ada. Untuk itu disarankan supaya sistem dapat dikembangkan menjadi lebih tangguh, dengan menambahkan fitur ekstraksi lain ataupun menambah *Pre-processing* untuk meningkatkan akurasi yang didapat. Dan data yang digunakan diperbanyak baik dari data training maupun testing. Serta perlu dilakukan pengambilan gambar secara langsung dengan kamera beresolusi tinggi agar gambar yang dihasilkan lebih jelas dan garis-garis pada telapak tangan terlihat jelas.

Daftar Pustaka

- [1] Ketut Gede Darma Putra, Wira Bhuana, Erdiawan “Pembentukan Kode Telapak Tangan (Palm Code) Berdasarkan Metode Gabor 2D”, vol. 15 no.2, pp. 161-167, Universitas Udayana, Bali, November 2011
- [2] I Ketut Gede Darma Putra, “Sistem Verifikasi Biometrika Telapak Tangan Dengan Metode Dimensi Fraktal dan Lacunarity”, Vol. 8 No 2. Universitas Udayana, Bali, 2012
- [3] E. Andriyanto, Y. Melita, “Pengenalan Karakteristik Manusia Melalui Pola Telapak Tangan Menggunakan Metode Probabilistic Neural Network”, vol. 7 no.2 Agustus, Sekolah Tinggi Teknik Surabaya, 2013
- [4] S. Bagus Pamungkas, F. Agustina “Jaringan Saraf Tiruan Pada Biometrika Deteksi Citra Garis Telapak Tangan Dengan Metode Backpropagation”, Tugas Akhir, Teknik Informatika Universitas Dian, Semarang, 2013
- [5] N. Zulpe and V. Pawar “GLCM Textural Features for Brain Tumor Classification,” vol.9 no.3, pp. 354-459, May 2012.
- [6] R. Listia and A. Harjoko, “Klasifikasi Massa pada Citra Mammogram Berdasarkan Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)” vo.8, no 1 pp. 59-68, Januari 2014
- [7] A. Qur’ania, A. H. Wigena and A. Kustiyo, “Analisis Tekstur Citra Anatomi Stomata Untuk Klasifikasi Freycinetia Menggunakan K-Nearest Neighbor”, vol.3, pp. 28-31, 2012.
- [8] Galih Wicaksono, R. Rizal Isnanto, and A. Ajulian Zahra, “Sistem Identifikasi Garis Utama Telapak Tangan Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA) dan Jarak Euclidean”, Universitas Diponegoro Semarang, 2012
- [9] Ilham Mugni, Maman Somantri, and Rizal Isnanto, “Sistem Identifikasi Berdasarkan Ciri Garis-garis Utama Telapak

- Tangan Menggunakan Metode *Overlapping Block*”, Universitas Diponegoro, Semarang
- [10] Y.G.K, Isantoso, and R.R. Isnanto, “Klasifikasi Citra Dengan Matriks Ko-Okurensi Aras Keabuan (*Gray Level Co-occurrence Matrix-GLCM*) Pada Lima Kelas Biji-bijian”, Universitas Diponegoro, Semarang
- [11] L.T. Wibowo, I. Santoso, B. Setiyono, “Klasifikasi Kelas Daging Menggunakan Pencirian Matriks Ko-okurensi Aras Keabuan”, Universitas Diponegoro, Semarang
- [12] M.I. Sikki, “Pengenalan Wajah Menggunakan K-Nearest Neighbour dengan Praproses Transformasi Wavelet”, vol. X, no.2, pp.159-172, Desember 2009
- [13] Toni W, “Pengenalan Wajah dengan Matriks Ko-okurensi Aras Keabuan dan Jaringan Syaraf Tiruan Probabilitas”Universitas Diponegoro, Semarang
- [14] T. Sutoyo, E. Mulyanto, V. Suhartono, O.D. Nurhayati and W., Teori Pengolahan Citra Digital, ANDI, 2009
- [15] A.A Junita, I.Santoso, Y.Chistyono “Klasifikasi Citra Tekstur Menggunakan k-Nearest Neighbour Berdasarkan Ekstraksi Ciri Metode Matriks Ko-okurensi”. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang 2007.
- [16] M.I. Mulyadi, R.R. Isnanto, A.Hidayatno, “Sistem Identifikasi Telapak Tangan Menggunakan Ekstraksi Ciri Berbasis Dimensi Fraktal”, Universitas Diponegoro, Semarang
- [17] T.W Adi P, “Pengenalan Wajah Dengan Matriks Kookurensi Aras Keabuan dan Jaringan Syaraf Tiruan Probabilitas” Universitas Diponegoro, Semarang, 2013
- [18] Eska. A, “Analisis Tekstur dengan Metode GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix),”18 januari 2016. [Online]. Available : <https://utekqu.wordpress.com/analisis-tekstur-dengan-metode-glcm>. [Accessed 23 Januari 2011].
- [19] Suriyati, “Identifikasi Telapak Tangan (PalmPrint) Dengan Ekstrasi Fitur Dimensi Fraktal dan Lacunarity”, Sekolah Tinggi Teknik, Surabaya, 2011