

Pengenalan Wajah dengan GLCM dan PNN Menggunakan Pendekatan Deteksi Tepi Canny

Toni Wijanarko Adi Putra¹, Eko Siswanto², Danang³

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Komputer dan Bisnis, Universitas Sains dan
Komputer ³Program Studi Teknik Elektronika, Fakultas Komputer dan Bisnis,

Universitas Sains dan Komputer

e-mail: ¹ toni.wijanarko@stekom.ac.id, ² eko.siswanto@stekom.ac.id,
³ danang@stekom.ac.id

ABSTRAK

Sistem pengenalan wajah merupakan pengembangan metode dasar sistem autentifikasi dengan menggunakan karakteristik alami wajah manusia sebagai dasarnya. Proses pengenalan citra wajah melalui tahap pelatihan dan tahap pengujian. Tahap pengujian dilakukan langsung dan tidak langsung. Cara tidak langsung data bersumber dari sekumpulan citra wajah yang sudah dipilih, secara langsung citra wajah bersumber dari kamera. Pengenalan menggabungkan metode GLCM dan PNN dengan pendekatan deteksi tepi. Tahap prapengolahan dengan mengubah RGB ke dalam aras keabuan dan dengan metode deteksi tepi canny untuk proses menentukan titik tepi sebagai acuan pemotongan daerah yang tidak digunakan. GLCM menggunakan metode statistik dan analisis tekstur orde kedua. Sedangkan pada PNN digunakan untuk membandingkan hasil keluaran yang berupa data matrik hasil dari GLCM. Pada penelitian ini digunakan citra wajah sebagai basisdata dengan sampel sebanyak 20 orang dan 7 posisi wajah, 3 jarak pengambilan gambar citra wajah, serta 5 kategori pencahayaan. Proses pengujian menghasilkan tingkat pengenalan secara langsung sebesar 66.43 %, sedangkan pengujian secara tidak langsung sebesar 82.86 %. Tingkat kesalahan FAR/FRR secara tidak langsung sebesar 45 % dengan nilai ambang pada 0.107 %, dan secara langsung sebesar 50 % untuk nilai FAR/FRR pada nilai ambang di angka 0.104 %.

Kata Kunci : GLCM, PNN, Citra Wajah, Pengenalan, FAR/FRR

1. PENDAHULUAN

Dalam hal proses ciri teknologi biometrik memiliki kemampuan cukup baik dibandingkan metode konvensional, ciri tersebut juga mempunyai keunikan yang melekat pada manusia. Pengembangan teknologi biometrik seperti wajah, suara, iris mata dan sidik jari sudah banyak dikembangkan baik sebagai sistem keamanan maupun sebagai sistem kehadiran. Teknologi biometrik yang sudah berkembang dan diterapkan diberbagai aplikasi tetapi pada kenyataannya proses pengenalan terkadang masih mengalami kegagalan. Beberapa kegagalan diantaranya disebabkan oleh faktor penerangan, jarak objek dengan alat, sudut kemiringan objek terhadap alat, ekspresi serta posisi wajah. Pada penelitian ini dibangun aplikasi untuk mengukur tingkat akurasi pengenalan wajah dengan *Gray Level Co-Occurrence Matrix/GLCM* dan *Probabilistic Neural Network/PNN* pada intensitas cahaya, jarak serta sudut yang berbeda. Penelitian ini akan memperbaiki kinerja sistem pengenalan wajah agar dapat diaplikasikan di berbagai bidang.

Pengenalan identitas manusia dengan biometrik sudah banyak dilakukan mulai dari pengenalan suara, irismata, sidik jari, pola tangan dan wajah. Pengenalan wajah dengan menguji semua frame untuk mengetahui apakah frame tersebut berisikan wajah manusia dan juga mendeteksi citra bergerak dari video dengan menggunakan *Probabilistic Neural Network/PNN* (21). Penelitian selanjutnya dengan dilakukan untuk pengenalan wajah manusia menggunakan kumpulan citra diam atau video dengan satu set video (40). Penggunaan video-kamera dan komputer cukup baik untuk memproses video secara waktu-nyata (*real-time*) (14).

Penelitian sebelumnya yang membahas pengenalan wajah menggunakan sebuah kamera untuk menangkap wajah seseorang kemudian dibandingkan dengan wajah yang sebelumnya telah disimpan pada basisdata secara waktu nyata (*real-time*) (5). Pengenalan wajah menggunakan *template matching*. Verifikasi wajah dilakukan menggunakan nilai pencocokan yang dihitung dengan gradien tepi menghubungkan citra referensi (38). Kemudian pengenalan wajah menggunakan metode (*Self Organizing Map / SOM*) untuk memperoleh model yang mudah dipelajari dengan meminimalisir waktu belajar, mengusahakan ekspresi wajah dengan baik sebagai masukan dan mengoptimalkan pengenalan (14).

Penggunaan *Gray Level Co-Occurrence Matrix/GLCM* banyak dilakukan untuk pengambilan citra penginderaan jauh dengan purwarupa (23). Segmentasi citra untuk menentukan nilai ambang histogram untuk mendapatkan informasi spasial (26). Sedangkan penelitian dengan menggabungkan metode GLCM dan PNN dilakukan untuk pengenalan ciri pola benang pada garmen secara otomatis dan deteksi cacat berdasarkan fitur

tekstur yang digunakan untuk mendeteksi cacat garmen. Pada penelitian ini didapatkan tingkat keberhasilan total identifikasi kain adalah 96,6% dan tingkat keberhasilan deteksi kain cacat 91,1% (20).

Pada penelitian ini akan dikembangkan sistem pengenalan wajah dengan metode GLCM dan PNN. Penelitian sebelumnya tentang pengenalan wajah dengan metode GLCM dan PNN sudah pernah dilakukan, akan tetapi kedua metode tersebut digunakan secara terpisah. Sedangkan penggunaan metode GLCM dan PNN secara bersama sudah dilakukan untuk pengenalan ciri pola benang, dan pada penelitian ini kedua metode tersebut akan digunakan untuk pengenalan wajah.

2. METODE PENELITIAN

Bahan penelitian diperoleh dari pengambilan citra wajah sebanyak 20 orang. Setiap orang diambil citra wajah dari beberapa sudut, ekspresi, intensitas cahaya dan jarak yang berbeda. Semua proses pengambilan citra wajah tersebut dilakukan dalam ruangan dengan 2 jenis sumber cahaya yaitu cahaya alami dan cahaya buatan.

Proses pengambilan contoh citra wajah pada penelitian ini, diasumsikan untuk setiap orang diambil citra wajah sebanyak 7 dengan 5 sudut pengambilan citra wajah, 5 perbedaan intensitas cahaya dan 3 jarak pengambilan citra wajah. Dengan proses pengambilan citra wajah tersebut untuk 1 orang didapatkan basisdata sebanyak 105 citra wajah.

Semua citra wajah tersebut diperoleh dari proses pengulangan pengambilan citra seperti terlihat pada Tabel

2.1. Sedangkan untuk proses pencocokan data citra wajah diperoleh dari citra wajah secara waktu nyata (realtime) dari akuisisi citra menggunakan webcam secara langsung.

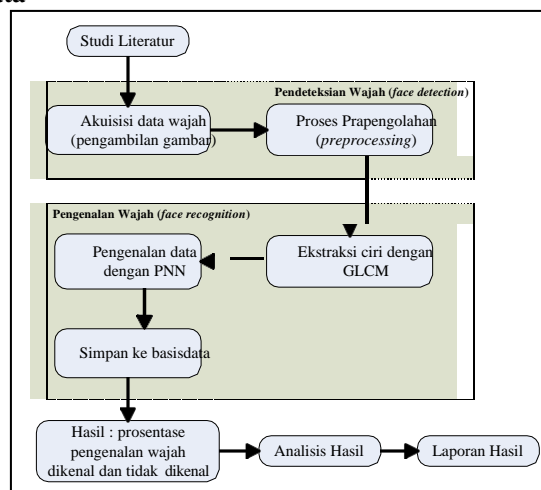
Tabel 2.1 Faktor pengambilan citra wajah tiap orang

Intensitas Cahaya (lux)	Jarak	Gerakan Ekspresi dan Sudut	Jumlah
5 perbedaan intensitas cahaya	3 perbedaan jarak	Depan (1x)	1 citra
		Dari depan ke atas (1x)	1 citra
		Dari depan ke bawah (1x)	1 citra
		Dari depan ke kanan (2x)	2 citra
		Dari depan ke kiri (2x)	2 citra

2.1 Alat Penelitian

- Kebutuhan perangkat keras (*hardware*) berupa : Komputer dengan *Processor Pentium IV* 2,8 GHz atau yang lebih tinggi, Memori 1 Gb atau yang lebih tinggi, *Harddisk* 120 Gb atau yang lebih tinggi.
- Kamera Video dengan sensor CMOS.
- Alat ukur intensitas cahaya Lux Meter.
- Kebutuhan perangkat lunak (*software*) berupa : Sistem Operasi, MATLAB.

2.2 Metode Pengumpulan Data



Gambar 3.1. Desain penelitian

2.3 Metode Pengembangan Perangkat Lunak

Adapun metode yang digunakan dalam pembuatan perangkat lunak ini menggunakan *System Development Life Cycle (SDLC)*. Didalam SDLC terdapat tahapan-tahapan pengembangan model purwarupa yaitu :

1. Analisis kebutuhan
Tahapan ini melakukan analisis kebutuhan yang bertujuan untuk mengetahui informasi, model dan spesifikasi dari sistem yang akan dibangun.
2. Pengembangan purwarupa
Tahapan ini melakukan perancangan dan pembuatan purwarupa sesuai dengan kebutuhan sistem.
3. Evaluasi purwarupa
Tahapan ini melakukan evaluasi terhadap purwarupa tersebut apakah sudah sesuai atau belum dengan kebutuhan sistem.
4. Pengembangan perangkat lunak
Tahapan ini melakukan pembuatan perangkat lunak yang telah sesuai dengan kebutuhan dan mengembangkan sampai menjadi sebuah sistem aplikasi.
5. Pengujian
Tahapan ini merupakan proses pengujian terhadap perangkat lunak yang dilakukan untuk memastikan apakah sudah sesuai dengan kebutuhan atau belum.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

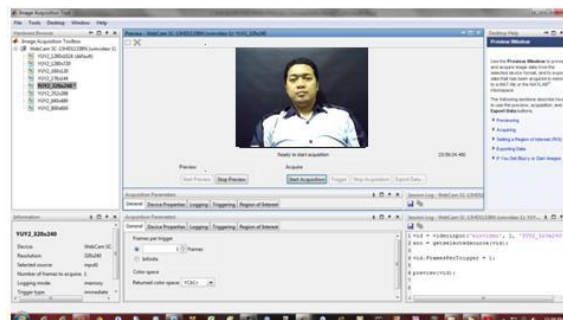
3.1 TAHAP AKUISISI CITRA

Citra wajah diperoleh secara langsung dengan menggunakan kamera webcam. Proses pengambilan citra wajah dilakukan sebanyak 7 kali pada sudut, ekspresi, intensitas cahaya dan jarak yang berbeda, dengan latar belakang gelap. Proses pengambilan citra wajah pada tahap latih menggunakan perangkat YouCam, perangkat ini merupakan perangkat lunak dari webcam seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Akuisisi citra wajah tahap latih

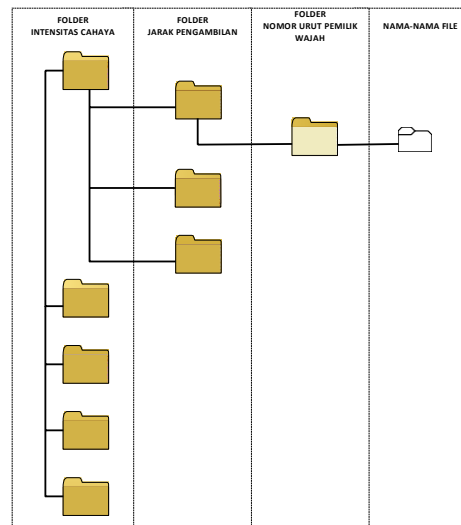
Sedangkan proses pengambilan citra wajah pada tahap pengujian menggunakan Toolbox Image Acquisition dari program MATLAB seperti terlihat pada Gambar 3.2, pada tahap pengambilan citra wajah ini diusahakan memiliki latar belakang atau background yang tidak terlalu rumit.



Gambar 3.2 Akuisisi citra wajah tahap pengujian

Pada tahap latih citra wajah hasil akuisisi dengan menggunakan perangkat YouCam dapat dikelompokkan kedalam beberapa folder dengan pemberian nama folder sesuai dengan jenis pengambilan citra wajah dan pemilik citra wajah. Pada proses penyimpanannya terdiri dari 5 folder jenis intensitas cahaya kemudian di setiap folder

tersebut terdapat 3 folder jarak dan di setiap folder jarak terdapat folder pemilik citra wajah. Gambar 3.3 merupakan tampilan urutan folder basisdata citra wajah.



Gambar 3.3 Susunan folder penyimpanan berkas citra wajah

3.2 TAHAP PRAPENGOLAHAN

Berikut beberapa tahapan dalam prapemrosesan yang akan dilakukan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Citra wajah hasil pengambilan dari webcam dengan ukuran 320 x 240 dan format RGB dicari garis tepinya dengan metode deteksi tepi Canny untuk memudahkan pemisahan citra wajah dengan latar belakang.
2. Menentukan daerah kepala dengan cara :
 - a. Mencari batas atas dengan menentukan minimal 10 titik putih dalam bentuk garis mendatar dari atas untuk menentukan baris awal kepala dimulai dari 15 piksel dari atas.
 - b. Mencari batas kiri dengan menentukan batas kiri mulai 30 piksel dari tepi kiri.
 - c. Mencari batas kanan dengan cara menentukan batas kanan mulai dari jumlah piksel kolom dikurangi 50 piksel.
 - d. Mencari batas bawah dengan cara dicari dari jumlah piksel baris dibagi 2.
3. Memotong citra wajah sesuai dengan koordinat titik yang telah ditentukan.
4. Mengubah citra wajah ke dalam format RGB.
5. Mengubah citra wajah ke dalam format keabuan.



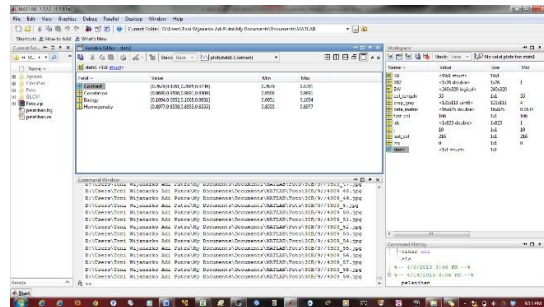
Gambar 3.4 Proses perubahan citra wajah dari format RGB ke format keabuan

3.3 Tahap Ekstraksi Ciri

Seperti terlihat pada Gambar 3.5, ciri statistik GLCM yang akan digunakan adalah :

- a. Kontras (*Contrast*), merupakan hasil perhitungan yang berkaitan dengan jumlah keberagaman intensitas keabuan dalam citra.
- b. Korelasi (*Correlation*), menunjukkan ukuran ketergantungan linear derajat keabuan citra sehingga dapat memberikan petunjuk adanya struktur linear dalam citra.

- c. Energi (*Energy*), menyatakan ukuran konsentrasi pasangan dengan intensitas keabuan tertentu pada matriks.
- d. Homogenitas (*Homogeneity*), secara matematis adalah kebalikan dari kontras GLCM, yaitu keseragaman intensitas keabuan pada citra.



Gambar 3.5 Contoh ciri matriks hasil dari ekstraksi ciri

3.4 Tahap Pendaftaran Citra

Tahap pendaftaran citra wajah dilakukan berdasarkan kelompok intensitas cahaya dan jarak dengan mengekstraksi ciri-ciri dari beberapa citra wajah dan hasil yang diperoleh disimpan ke dalam basisdata. Pada tahap ini akan dilakukan pendaftaran 5 kali pada 5 intensitas cahaya yang berbeda dan di setiap intensitas cahaya dilakukan pada 3 jarak yang berbeda, sehingga akan didapatkan citra wajah sebanyak 450.

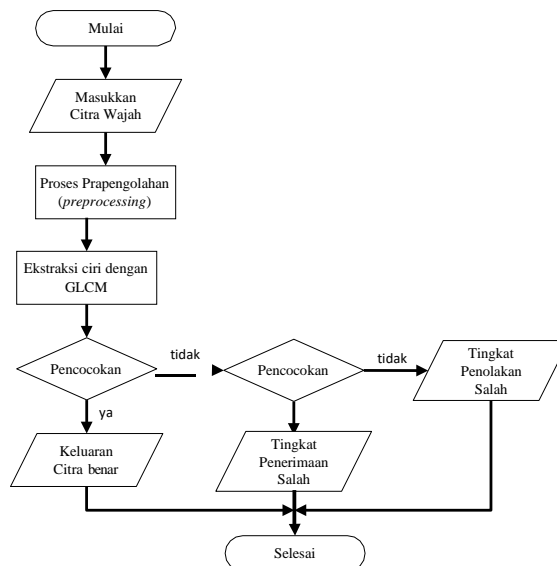
3.5 Tahap Pengujian Citra

Pengujian sistem dilakukan untuk mendapatkan keakurasian dari metode yang digunakan. Proses pengujian dilakukan dengan membandingkan citra wajah secara waktu nyata (*realtime*) dari basisdata tahap uji dan basisdata hasil tahap latih. Proses pengujian citra wajah dilakukan dengan menggunakan metode PNN.

3.6 Tahap Keputusan

Pada tahap ini menghasilkan suatu keputusan berupa jawaban pengenalan wajah cocok atau tidak cocok. Untuk memperoleh keputusan tersebut diperlukan suatu nilai ambang tertentu. Oleh karena itu, pemilihan nilai ambang harus ditentukan dengan tepat sehingga dapat menghasilkan keputusan yang tepat.

3.7 Algoritma Program



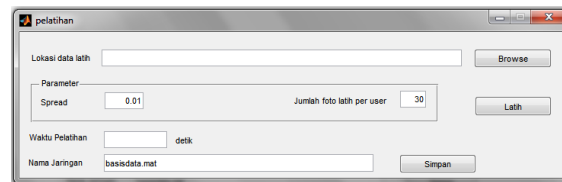
Gambar 3.6 Algoritma proses identifikasi citra wajah

Adapun algoritma ekstraksi ciri yang akan dilakukan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6:

- Masukkan citra wajah berupa berkas jpg dan bmp dengan ukuran 320 x 240 piksel.
- Proses prapengolahan (*preprocessing*) merupakan proses normalisasi ukuran citra wajah, merubah citra dari RGB ke dalam bentuk derajat keabuan, memperbaiki kualitas citra, mengubah ukuran dengan membuang daerah selain wajah.
- Ekstraksi ciri dengan GLCM merupakan proses penghitungan hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu (sudut 0° , sudut 45° , sudut 90° , dan sudut 135°).
- Pencocokan merupakan proses pengenalan ciri data citra wajah tahap latih dari basisdata dengan ciri data citra wajah tahap uji.
- Keluaran citra berupa pengenalan citra wajah, pada tahap ini diharapkan menghasilkan suatu keputusan berupa jawaban pengenalan wajah cocok atau tidak cocok.

3.8 Tampilan pelatihan data

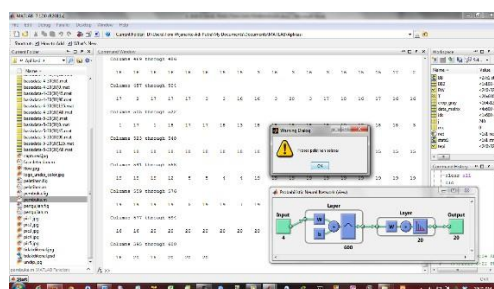
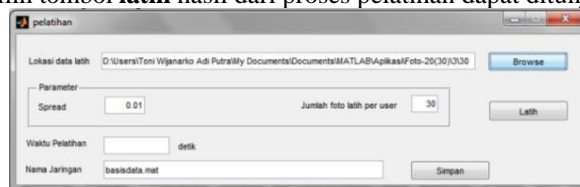
Tombol **PELATIHAN** menampilkan aplikasi pelatihan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7 berikut. Pada aplikasi pelatihan citra wajah yang akan dijadikan sebagai basisdata dapat ditentukan dengan memilih tombol **Browse** dan akan menampilkan folder database pada **lokasi data latih**. Sedangkan pada penelitian ini kolom isian **spread** menggunakan 0,01 dan kolom isian **jumlah foto latih per user** menggunakan 30. Kolom isian **waktu pelatihan** merupakan waktu yang dicatat dalam proses pembentukan basisdata. Kolom isian **nama jaringan** untuk memberikan nama hasil perekaman basisdata.



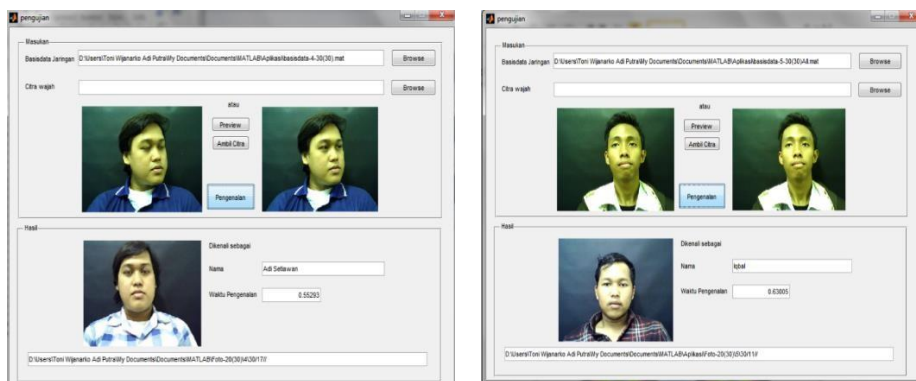
Gambar 3.7 Tampilan pelatihan

3.9 Simulasi Aplikasi

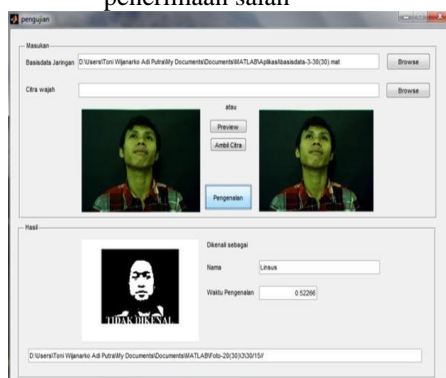
Simulasi aplikasi pengenalan wajah ini ditunjukkan pada proses pelatihan, proses pengujian langsung dan proses pengujian tidak langsung. Pada proses pengujian langsung maupun tidak langsung citra wajah yang digunakan diambil dari beberapa sudut diantaranya menghadap ke kiri dengan sudut kemiringan kira-kira 20° dan 65° , menghadap ke depan, menghadap ke kanan dengan sudut kemiringan kira-kira 115° dan 155° , menghadap ke bawah dengan sudut kira-kira 65° dan menghadap ke atas dengan sudut kira-kira 115° . Simulasi program aplikasi pada tahap proses pelatihan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan setelah dipilih tombol **latih** hasil dari proses pelatihan dapat ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Simulasi proses pelatihan dan hasilnya



Gambar 3.9 Proses pengujian secara langsung dengan hasil cocok dan penerimaan salah



Gambar 3.10 Proses pengujian secara langsung dengan tingkat penolakan salah

3.11 Pengujian Sistem

Proses yang dilakukan pada tahap pelatihan adalah menguji citra wajah dengan mencocokkan antara basisdata dengan citra wajah yang ada secara bergantian. Kegagalan yang terjadi disebabkan karena faktor intensitas cahaya kurang, sedangkan pada intensitas cahaya yang cukup dan baik berhasil.

3.12 Tahap Implementasi dan Pengujian

Hasil penelitian ini berupa implementasi dan pengujian sistem. Tingkat keberhasilan sistem dapat diukur dengan menghitung prosentase pengenalan, tingkat penerimaan salah dan tingkat penolakan salah.

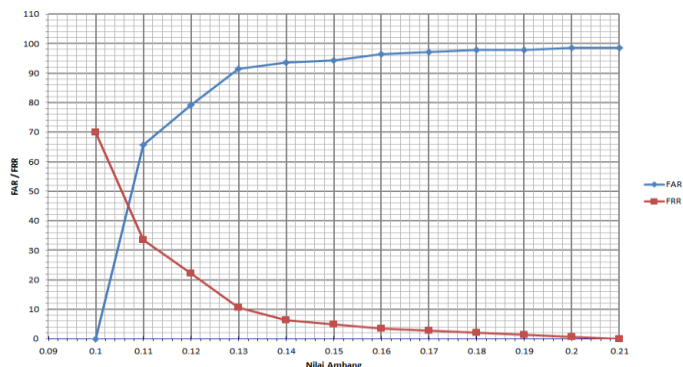
Tabel 3.1 Tabel hasil pengujian jarak tidak langsung masing-masing sudut terhadap tingkat pengenalan

Sudut GLCM	Jarak 1 piksel	Jarak 2 piksel	Jarak 3 piksel
	Akurasi (%)	Akurasi (%)	Akurasi (%)
0 ⁰	52.14	48.57	57.86
45 ⁰	50.00	52.14	53.57
90 ⁰	47.14	53.57	52.86
135 ⁰	44.29	55.00	52.14
0 ⁰ +45 ⁰ +90 ⁰ +135 ⁰	82.86	73.57	69.29

Tabel 3.2 Tabel hasil pengujian jarak langsung masing-masing sudut terhadap tingkat pengenalan

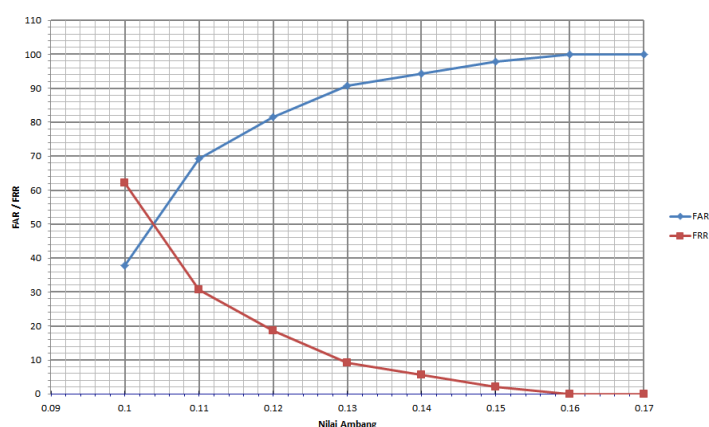
Sudut GLCM	Jarak 1 piksel	Jarak 2 piksel	Jarak 3 piksel
	Akurasi (%)	Akurasi (%)	Akurasi (%)
0 ⁰	40.71	39.29	19.29
45 ⁰	24.29	45.00	25.00
90 ⁰	23.57	43.57	23.57
135 ⁰	32.86	47.86	27.86
0 ⁰ +45 ⁰ +90 ⁰ +135 ⁰	66.43	57.86	41.43

Gambar 3.11 menunjukkan nilai kesalahan sistem pada perpotongan nilai FAR dan FRR yaitu sebesar 45% dengan nilai ambang pada 0,107 %.



Gambar 3.11 Grafik kesalahan sistem pada pengujian tidak langsung

Gambar 3.12 menunjukkan nilai kesalahan sistem pada perpotongan nilai FAR dan FRR yaitu sebesar 50% dengan nilai ambang pada 0,104 %.



Gambar 3.12 Grafik kesalahan sistem pada pengujian langsung

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Penelitian tentang pengenalan wajah dengan GLCM dan PNN dengan pendekatan deteksi tepi canny yang dihasilkan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pencahayaan sangat penting sekali dalam hal pengenalan wajah, mulai dari pencahayaan disaat pengambilan citra wajah maupun disaat pengujian citra wajah. Terbukti dengan hasil penelitian ini bahwa semakin terang intensitas cahayanya maka prosentase tingkat pengenalannya semakin tinggi dan sebaliknya bila intensitas cahaya kurang maka prosentase tingkat pengenalannya kecil.
2. Jarak antara objek citra wajah dengan kamera juga sangat berpengaruh dimana semakin jauh jarak antara objek dengan kamera maka prosentase tingkat pengenalannya akan semakin berkurang.
3. Terdapat keterbatasan pada proses processing dimana dengan metode deteksi tepi canny latar belakang pengambilan citra harus gelap.
4. Dengan deteksi tepi canny kondisi rambut saat itu juga ikut memperhitungkan dalam hal pengenalan.
5. Pada sistem pengenalan wajah yang dikembangkan ini menunjukkan tingkat pengenalan tidak langsung terbaik pada nilai ambang 0,107 % dengan nilai *Equal Error Rate* (ERR) sebesar 45%, sedangkan tingkat pengenalan langsung terbaik pada nilai ambang 0,104 % dengan nilai *Equal Error Rate* (ERR) sebesar 50 %.
6. Pengujian dilakukan terhadap penggunaan jarak GLCM dengan jarak tunggal diperoleh tingkat pengenalan secara tidak langsung tertinggi pada jarak 1 piksel yaitu sebesar 82,86 %, kemudian pada jarak 2 piksel sebesar 73,57 % dan pada jarak 3 piksel sebesar 69,29 %, sedangkan pengenalan secara langsung tertinggi pada jarak 1 piksel sebesar 66,43 %, jarak 2 piksel sebesar 57,86 % dan pada jarak 3 piksel sebesar 41,43 %.
7. Pengujian dilakukan terhadap jarak dan sudut pada GLCM pada 20 citra wajah dengan 7 posisi dan menghasilkan 140 data citra yang menghasilkan akurasi tingkat pengenalan tidak langsung tertinggi pada

sudut ($0^0+45^0+90^0+135^0$) dan pada jarak 1 piksel yaitu sebesar 82,86 %, sedangkan akurasi tingkat pengenalan secara langsung sebesar 66,43 %.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Albrechtsen, F., 2008. *Statistical Texture Measures Computed from Gray Level Cooccurrence Matrices*, Image Processing Laboratory, Department of Informatics, University of Oslo.
2. Araghi, L.F., Khaloozade, H., dan Arvan, M.R., 2009. *Ship Identification Using Probabilistic Neural Networks (PNN)*. *Proceedings of the International Multiconference of Engineers and Computer Scientists*, Vol II IMECS, March 18-20, Hong Kong.
3. Arifin, S.Z., 2007. *Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari dan Triakontanol Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Biji Bayam*, Jurnal Agronomi Vol. 11 No. 1, Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Yogyakarta.
4. Ashari, A., Ikhwanudin, 2013. *Kajian Terhadap Kenyamanan Ruang Teori Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta Ditinjau Dari Pencahayaan Alami Dan Pencahayaan Campuran*, Jurnal Teknik Sipil, Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Bayu, S., Hedriawan, A., dan Susetyoko, R., 2009. *Penerapan Face Recognition Dengan Metode Eigenface dalam Intelligent Home Security*, skripsi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Sukolilo, Surabaya.
6. Carrillo, C.M., 2003. *Continuous Biometric Authentication for Authorized Aircraft Personnel*, Thesis, Civilian, Naval Postgraduate School B.S, Computer Science, New Mexico State University, Monterey, California.
7. Emary, I.M.M., dan Ramakrishnan, S., 2008. *On the Application of Various Probabilistic Neural Networks in Solving Different Pattern Classification Problems*, World Applied Sciences Journal 4 (6), 772-780.
8. Falasev, R.S., Hidayatno, A., dan Isnanto, R., 2011. *Pengenalan Sidik Jari Manusia Dengan Matriks Kookurensi Aras Keabuan (Gray Level Co-Occurrence Matrix)*, Makalah Tugas Akhir Universitas Diponegoro. Semarang.
9. Fatta, H.A., 2009. *Rekayasa Sistem Pengenalan Wajah*, Andi Offset, Yogyakarta.
10. Febrianto, Y., 2012. *Pengklasifikasian Kualitas Keramik Berdasarkan Ekstraksi Fitur Tekstur Statistik*, Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma.
11. Ganis, K.Y., Santoso, I., Isnanto, R., 2011. *Klasifikasi Citra Dengan Matriks Ko-Okurensi Aras Keabuan (Gray Level Co-Occurrence Matrix-GLCM) Pada Lima Kelas Biji-Bijian*, Undergraduate thesis, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip.
12. Gill, G.S., dan Sohal, J.S., 2008. *Battlefield Decision Making : A Neural Network Approach*, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, Vol.4, No.8, 697-699.
13. Ghorpade, S., Ghorpade, J., Mantri, S., Ghorpade, D., 2010. *Neural Networks for Face Recognition using SOM*, *IJCT Vol.1 Issue 2, Desember*.
14. Gorodnichy, D.O., 2004. *Introduction to the First IEEE Workshop on Face Processing in Video*, *Conference Publications*, 27 – 02 Juni, 61.
15. Harmoko, S.A., Kusumoputro, B., Rangkuti, M., 2004. *Ekstraksi Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrix Dan Probabilistic Neural Network Untuk Pengenalan Cacat Pengelasan*, Departemen Fisika FMIPA, Universitas Indonesia, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia.
16. Heriana, O., Widodo, T.S., Soesanti, I., dan Tjokronagoro, M., 2011. *Klasifikasi Citra Kanker Payudara dengan Menggunakan Algoritma Fuzzy C means*. *Jurnal Elektronika, Universitas Gajah Mada Yogyakarta, Vol.11, No.2*.
17. Jain, A., Hong, L., and Pankanti, S., 2000. *Biometric Identification*, *Communications of The ACM*, Vol 43, No 2, 91-99.
18. Kadir, A., Nugroho, L.E., Susanto, A., dan Santosa, P.I., 2011. *Neural Network Application on Foliage Plant Identification*, *International Journal of Computer Application (0975-8887)*, Vol.29. No.9, 15-22.
19. Khrisna, D.A., Hidayatno, A., dan Isnanto, R., 2011. *Identifikasi Objek Berdasarkan Bentuk dan Ukuran*, Makalah Tugas Akhir Universitas Diponegoro, Semarang.
20. Kulkarni, A.H., dan Patil, S.B., 2012. *Automated Garment identification and defect detection model based on Texture Features and PNN*, *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, Vol. 1, Issue 2 July.
21. Kung, S.Y., 1999. *Synergistic Modeling and Applications of Hierarchical Fuzzy Neural Networks*, *Proceedings of the IEEE* Vol. 87 No.9, 1550-1574.
22. Kusuma, A.A., Isnanto, R., Santoso, I., 2011. *Pengenalan Iris Mata Menggunakan Pencirian Matriks Ko- Okurensi Aras Keabuan*, Undergraduate thesis, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.

23. Maheshwary, P., dan Sricastava, N., 2009. *Prototype System for Retrieval of Remote Sensing Images based on Color Moment and Gray Level Co-Occurrence Matrix*, IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 3.
24. Maltoni, D., Maio, D., Jain, A.K., dan Prabhakar, S., 2009. *Handbook of Fingerprint Recognition*, Second Edition, Springer-Verlag London Limited.
25. Mao, K.Z., Tan, K.C., dan Ser, W., 2000. *Probabilistic Neural-Network Structure Determination for Pattern Classification*, IEEE Transactions on neural networks, Vol. 11 No.4.
26. Nie, F., Gao, C., Guo, Y., dan Gan, M., 2011. *Two-dimensional minimum local cross-entropy thresholding based on co-occurrence matrix*, Computer and Electrical Engineering 37, 757-767.
27. Prasetyo, E., 2011. *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya dengan MATLAB*, Andi, Yogyakarta.
28. Purnomo, M.H., dan Muntasa, A., 2010. *Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
29. Putra, D., 2009. *Sistem Biometrika. Konsep Dasar, Teknik Analisis Citra dan Tahapan Membangun Aplikasi Sistem Biometrika*, Andi Offset, Yogyakarta.
30. Putra, D., 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Andi Offset. Yogyakarta.
31. Santhanam, T., dan Radhika, S., 2011. *Probabilistic Neural Network – A Better Solution for Noise Classification*, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol. 27 No.1, 39-42.
32. Sugiharto, A., Wibawa, H.A., 2005. *Ketahanan Watermarking terhadap Serangan Kompresi JPEG*, Matematika FPMIPA UNDIP.
33. Sumarno, L., 2007. *Pengenalan Huruf Tulisan Tangan Berderau dan Terskala Berbasis Ekstraksi Ciri DCT dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Probabilistik*, SIGMA, Vol. 10, No. 2, Juli, 185-197.
34. Sutojo, T., Mulyanto, E., dan Suhartono, V., 2011. *Kecerdasan Buatan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
35. Suyanto, S.T., 2011. *Artificial Intelligence*, Informatika. Bandung.
36. Tori, E.K., 2012. *Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya pada Pengepakan Bando di Mesin Injection CV. Prima Lestari*, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.
37. Tran, D.H., Ng, A.W.M., Perera, B.J.C., Burn, S., dan Davis, P., 2006. *Application of probabilistic neural networks in modeling structural deterioration of stormwater pipes*, Urban Water Journal, Vol.3, No 3, September 2006, 175-184.
38. Vinitha, K.V., 2009. *Face Recognition using Probabilistic Neural Networks*, Conference Publications, 9 - 11 Desember, 1388-1393.
39. Wibowo, A., Aje, S., Hidayatno, Achmad, Rizal, I., 2011. *Analisis Deteksi Tepi Untuk Mengidentifikasi Pola Daun*, Undergraduate thesis, Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
40. Zhou, S., Krueger, V., dan Chellappa, R., 2003. *Probabilistic recognition of human faces from video*, Computer Vision and Image Understanding 91, 214-245.