

Pengolahan Citra Untuk Pengenalan Nilai Nominal Pada Mata Uang Kertas Dengan Metode EigenFace

Birowo¹

¹Universitas Bina Sarana Informatika
e-mail : birowonanang@yahoo.co.id

Abstrak - Banyak aplikasi yang memanfaatkan pengolahan citra, diantaranya absensi dengan pengenalan wajah, absensi sidik jari, termasuk pengenalan citra uang. Mengingat gaya hidup masyarakat yang semakin aktif dan dinamis, sehingga membutuhkan otomatisasi dalam keseharian. Manfaat dari pengenalan citra uang salah satunya pada mesin penjual minuman otomatis, mesin penukar uang otomatis dan mesin ATM untuk menyetero uang otomatis. Metode yang digunakan pada sistem ini adalah eigenface, tidak hanya untuk pengenalan wajah namun metode eigenface juga dapat digunakan untuk pengenalan citra selain wajah, karena itu sebagian orang menyebutnya eigenimage. Eigenface bisa didapat dengan menentukan eigenvalue dan eigenvektor terlebih dulu, sehingga nantinya dapat dicari distance (jarak) dari masing masing eigenface citra yang akan dibandingkan. Namun sebelumnya citra diseragamkan ukurannya (crop) dan diubah menjadi citra abu abu (grayscale). Metode eigenface cukup baik digunakan untuk aplikasi pengenalan uang kertas, dengan kondisi standart akurasi pengenalan sebesar 95%. Citra uang juga masih bisa dikenali dengan keadaan Namun system masih mengenali kertas berwarna gelap sebagai citra uang. miring 1°, bergeser dengan tidak lebih dari 0,5 cm, uang tersobek atau tercoret dengan batas maksimal 1 cm, dengan kondisi terdapat noise citra uang dapat dikenali dengan akurasi berkisar 85% sampai dengan 95%.

Kata kunci : eigenface, pengolahan citra, eigenvektor, derajat keabuan

Abstract - Many applications utilize image processing, including face recognition, fingerprint attendance, including money image recognition. Given the increasingly active and dynamic lifestyle of the community, so it requires automation in everyday life. One of the benefits of introducing money images is in automatic beverage vending machines, automatic money changers and ATM machines for automatic cash deposits. The method used in this system is eigenface, not only for face recognition but the eigenface method can also be used for image recognition in addition to faces, therefore some people call it eigenface. Eigenface can be obtained by determining the eigenvalue and eigenvector first, so that later you can find the distance (distance) of each image eigenface to be compared. But before the image is uniform in size (crop) and converted into a gray image (grayscale). The eigenface method is good enough to be used for banknotes recognition applications, with a standard condition of 95% recognition accuracy. The image of money can also still be recognized by the situation. But the system still recognizes dark paper as the image of money. tilted 1°, shifted with no more than 0.5 cm, money torn or crossed with a maximum limit of 1 cm, with the condition that there is noise image of money can be recognized with an accuracy ranging from 85% to 95%.

Keywords: eigenface, image processing, eigenvector, gray degree

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Penggunaan sistem terkomputerisasi saat ini banyak digunakan untuk membantu menyelesaikan masalah-masalah yang ada. Salah satunya memanfaatkan teknologi pengolahan citra. Dan semakin banyak digunakan diberbagai bidang, seperti bidang perdagangan, militer, kedokteran, robotika, hiburan dan lain lain. Aplikasi yang memanfaatkan pengolahan citra diantaranya adalah pengenalan wajah (*face identification*), pengenalan tulisan dan tanda tangan (*handwriting identification*),

pengenalan sidik jari (*fingerprint identification*), filter gambar, dan masih banyak lagi (Basuki Achmad, F Palandi dan Fatchurrohman, 2015).

Semakin berkembangnya teknologi, gaya hidup masyarakat juga semakin aktif dan dinamis, tidak hanya pada bidang diatas, dalam berbagai proses sehari hari pun dibutuhkan otomatisasi. Salah satunya dengan memanfaatkan pengolahan citra untuk pengenalan nilai mata uang kertas.

Salah satu manfaat dari pengenalan nilai mata uang yaitu dapat diterapkan pada mesin penjual minuman otomatis, ATM yang dapat menerima setoran tunai untuk tabungan, mesin penukar uang otomatis dan

mesin otomatis lainnya. Tentu banyak kemudahan yang didapat dengan menggunakan sistem ini, diantaranya tidak perlu mengantri lama untuk mendapatkan sekaleng softdrink ataupun mengantri lama di teller untuk mendapatkan pelayanan di bank, dan berbagai kemudahan lain.

Mengapa mata uang kertas? Mengingat nilai nominal uang logam di negara Indonesia terlalu kecil, sedangkan harga barang melebihi nilai nominal pada uang logam (tidak mutlak tapi sebagian besar). Misalnya, dengan satu koin uang logam pecahan terbesar (Rp.1000) belum cukup untuk digunakan membeli sekaleng softdrink. Berbeda dengan mata uang kertas yang memiliki pecahan nilai nominal lebih besar dibandingkan dengan mata uang logam. Suatu komputer dengan sistem cerdas akan mampu mengenali nilai nominal mata uang, salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode eigenface. Karena itu penulis melakukan penelitian "Pengenalan Nilai Nominal pada Mata Uang Kertas Dengan Metode Eigenface" (Cunkas, M. & Akkaya, R., 2012.)

2. Landasan Teori

2.1. Definisi Uang

Uang dalam [ilmu ekonomi](#) tradisional didefinisikan sebagai setiap alat tukar yang dapat diterima secara umum. Alat tukar itu dapat berupa benda apapun yang dapat diterima oleh setiap orang di [masyarakat](#) dalam proses pertukaran barang dan [jasa](#).

2.2. Jenis Uang

1. Uang kartal (sering pula disebut sebagai common money) adalah alat bayar yang sah dan wajib digunakan oleh [masyarakat](#) dalam melakukan [transaksi](#) jual-beli sehari-hari.
2. Uang giral adalah uang yang dimiliki [masyarakat](#) dalam bentuk simpanan ([deposito](#)) yang dapat ditarik sesuai kebutuhan.
3. Uang kertas adalah uang yang terbuat dari [kertas](#) dengan gambar dan [cap](#) tertentu dan merupakan alat pembayaran yang sah. Menurut penjelasan UU No. 23 tahun 1999 tentang [Bank Indonesia](#), yang dimaksud dengan uang kertas adalah uang dalam bentuk lembaran yang terbuat dari bahan kertas atau bahan lainnya



Gambar 1. Uang Kertas Republik Indonesia

2.3. Pengolahan Citra Digital

2.3.1. Citra adalah *representasi* (gambaran), kemiripan atau imitasi dari suatu objek [T.Sutoyo, 2009: 9].

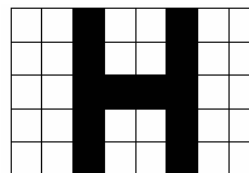
Ada dua macam citra:

a. Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu seperti foto sinar X, foto yang tercetak di kertas foto, lukisan dan sebagainya.

b. Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer atau ketika sebuah citra analog sudah diubah ke dalam bentuk digital. Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua variabel $f(x,y)$ dimana x dan y adalah koordinat pasial dan nilai $f(x,y)$ adalah intensitas citra pada koordinat tersebut. Perkalian dari nilai x dan y disebut *pixel*.

Berdasarkan warna-warna penyusunnya, citra digital dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu (T.Sutoyo, 2009: 21):

a. Citra biner adalah citra yang hanya terdiri atas dua warna, yaitu hitam dan putih. Karena itu, setiap *pixel* pada citra biner cukup direpresentasikan dengan 1 bit. Contoh citra biner dapat dilihat pada Gambar 2 Citra Biner. Sedangkan untuk representasi citra biner dapat dilihat pada Gambar 3 Representasi Citra Biner.



Gambar 2 Citra Biner

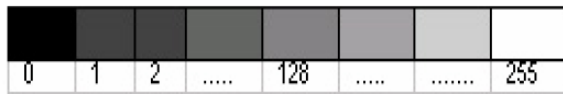
```

1 1 0 1 1 0 1 1
1 1 0 1 1 0 1 1
1 1 0 0 0 0 1 1
1 1 0 1 1 0 1 1
1 1 0 1 1 0 1 1
    
```

Gambar 3 Representasi Citra Biner

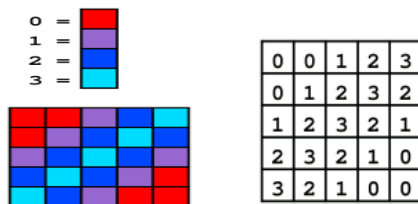
b. Citra *grayscale* yaitu citra yang nilai *pixel*nya merepresentasikan derajat keabuan atau intensitas warna putih. Nilai intensitas paling rendah

merepresentasikan warna hitam dan nilai intensitas paling tinggi merepresentasikan warna putih.



Gambar 4 Derajat Keabuan

c. Citra berwarna yaitu citra yang nilai *pixel*nya merepresentasikan warna tertentu. Banyaknya warna yang mungkin digunakan bergantung pada kedalaman *pixel* citra yang bersangkutan. Citra berwarna direpresentasikan dalam beberapa kanal yang menyatakan komponen-komponen warna penyusunnya.



Gambar 5 Representasi Citra Berwarna

2.4. Pengolahan citra

adalah salah satu cabang dari ilmu informatika, dimana proses dilakukan dengan memasukkan input berupa citra dan hasilnya juga berupa citra (Basuki Achmad, F Palandi dan Fatchurrohman, 2015).

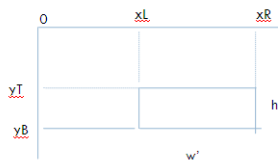
Pengolahan citra diantaranya:

a. Tranformasi citra berwarna menjadi *grayscale*. Citra warna bisa diubah menjadi citra *grayscale* dengan menghitung rata rata elemen warna *Red*, *Green* dan *Blue*. Secara matematis perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$f_0(x,y) = f_1R(x,y) + f_1G(x,y) + f_1B(x,y) / 3 \quad (1)$$

b. Cropping

Adalah pengolahan citra dengan memotong satu bagian dari citra. Seperti terlihat pada Gambar 6 Cropping (Didik Sutoyo., 2010)



Gambar 6 Cropping

Rumus yang digunakan :

$$x' = x - x_L \text{ untuk } x = x_L \text{ sampai } x_R \quad (2)$$

$$y' = y - y_T \text{ untuk } y = y_T \text{ sampai } y_B \quad (3)$$

(x_L, y_T) dan (x_R, y_B) adalah koordinat titik pojok kiri atas dan pojok kanan bawah citra yang akan di-crop.

Ukuran citra menjadi :

$$w' = x_R - x_L, \quad h' = y_B - y_T \quad (4)$$

2.4.1.Eigenface

Eigenface merupakan salah satu algoritma pengenalan wajah yang berdasarkan pada *Principle Component Analysis (PCA)*. *Principal Component Analysis (PCA)* dibuat pertama kali oleh para ahli

statistik. Metode PCA pertama kali ditemukan oleh Karl Person pada tahun 1901 yang memakainya pada kontek biologi .

2.4.2.Metode Principle Component Analisis

Langkah langkah metode PCA (*Principle Component Analysis*) adalah sebagai berikut : (Teknik Elektro PENS ITS, 2011)

1.Cari matriks A

Matrik A adalah matrik *image* dengan dimensi N x N, misal: (Jiang, W. & Wang, Z., 2016)

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 5 \end{bmatrix} \quad (5)$$

2.Cari matriks *covariance* $C = A^T \times A$, dimana T adalah operasi transpose

$$A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \rightarrow A^T = \begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix} \quad (6)$$

3.Cari *eigenvalue* (λ) dan *eigenvektor* (V) dari matriks C. (Teknik Elektro PENS ITS, 2011)

$$CV = \lambda V \quad (7)$$

$$0 = \lambda V - CV = (\lambda I - C) V \quad (8)$$

Sehingga didapat turunan rumus $|\lambda I - C| = 0$

Dimana C adalah matriks *covariance* dan I adalah matriks identitas.

4.Cari matriks *eigenface* = ($1/\sqrt{\text{eigenvalue}}$) x *eigenvektor* x C (9)

2.Hitung jarak terdekat dari masing-masing *eigenface*
 $\text{Distance} = |\text{eigenface database} - \text{eigenface tes image}|$
 $\text{Distance} = \sqrt{(fx1 - fdb1)^2 + \dots + (fxn - fdbn)^2}$ (10)

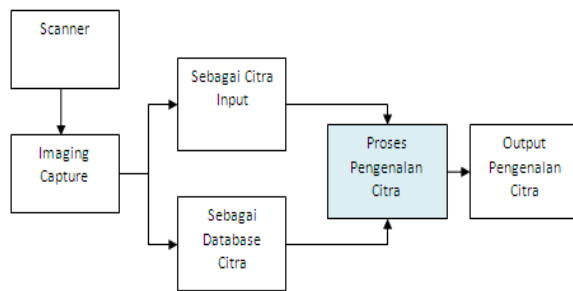
METODE PENELITIAN

Setelah menganalisa dari permasalahan yang ada maka dapat ditentukan solusi yang akan digunakan dalam sistem ini termasuk metode apa yang akan digunakan dalam menyelesaikan masalah. Dalam permasalahan pengenalan citra uang metode yang akan digunakan yaitu metode *eigenface* atau disebut juga metode *eigenimage*.(Danang mursita. et al., 2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rancangan

Untuk perancangan proses pada sistem pengenalan nilai nominal uang kertas dapat terlihat seperti pada Gambar-1 Proses Sistem Pengenalan Citra Uang Kertas.(Didik Sutoyo. et al., 2010.)

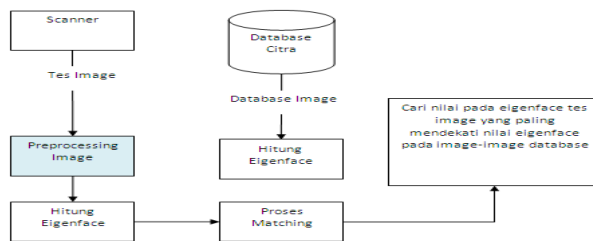


Gambar 7 Proses Sistem Pengenalan Citra Uang Kertas

Dari uraian gambar-7 dapat dilihat bahwa citra yang diinputkan bisa digunakan sebagai citra database (*referensi*) dan juga sebagai citra input yang nantinya akan di lakukan pengenalan. Dari sub Proses Pengenalan

Citra uang dapat dijabarkan dengan rincian seperti gambar 8.

Langkah langkah Proses Pengenalan Citra Uang Kertas.

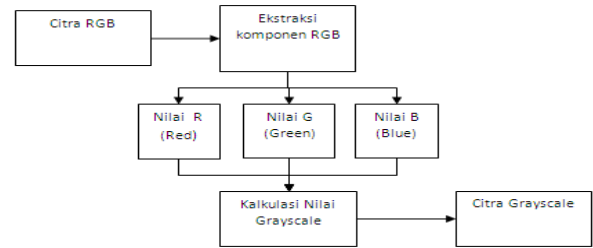


Gambar 8 Langkah langkah Proses Pengenalan Citra Uang Kertas

Dari gambar 9 dapat diuraikan sebagai berikut: (Teknik Elektro PENS ITS, 2011)

1. Citra uang di-*capture* menggunakan scanner.
2. Citra uang yang didapat kemudian *preprocrssing*
3. Setelah didapat citra uang yang di-*preprocessing*, Hitung *eigenface* dari citra tersebut
4. Pada database juga memiliki koleksi citra uang, dari masing masing citra ini dihitung *eigenfacenya*
5. Proses *matching* dilakukan dengan mencocokkan nilai *eigenface* x (pada citra input) dengan nilai nilai *eigenface* pada database ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) dan dicari nilai yang paling mendekati.
6. Jika nilai yang paling mendekati sudah ditemukan maka citra uang tersebut dapat dikenali. Proses *reprocessing* terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: Citra berwarna di-*konversi* menjadi citra *grayscale*, lalu ukuran citra disamakan resolusi dan ukurannya (di-*crop*) menjadi $M \times N$ pixel.

Adapun proses konversi citra berwarna menjadi citra *grayscale* dapat dilihat pada Gambar -3 Konversi Citra Berwarna menjadi Citra Grayscale.



Gambar 9 Konversi Citra Berwarna menjadi Citra Grayscale

Adapun algoritma *eigenface* adalah sebagai berikut:
1. Buat training image untuk database sejumlah N image yang berdimensi $X \times Y$. Susunlah training image $X \times Y$ menjadi satu matriks tunggal.

Database image 1

2	2
2	2

menjadi matriks tunggal = $\begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 & 2 \end{bmatrix}$

2. Database image 2

4	4
4	4

menjadi matriks tunggal = $\begin{bmatrix} 4 & 4 & 4 & 4 \end{bmatrix}$

3. Buat vektor baru dengan menggabungkan semua N

image dalam XY elemen vektor sehingga didapat matriks berdimensi $(N \times XY)$, bisa disebut dengan matriks C

2	2	2	2
4	4	4	4

4. Cari rata-rata matriks C (rata-rata covariance) dengan menjumlahkan seluruh baris matriks C sehingga menjadi $1 \times (X \times Y)$ lalu bagikan matriks dengan jumlah image N.

$$\begin{matrix} 2 & 2 & 2 & 2 \\ 4 & 4 & 4 & 4 \end{matrix} + \begin{matrix} 2 & 2 & 2 & 2 \\ 4 & 4 & 4 & 4 \end{matrix} = \begin{matrix} 6 & 6 & 6 & 6 \\ 8 & 8 & 8 & 8 \end{matrix} : 2 \text{ (jumlah database image)}$$

1. Tentukan matriks *eigenface* dengan

Mengurangkan tiap baris pada matriks C dengan rata-rata matriks C.

Jika didapatkan nilai dibawah nol ganti nilainya dengan nol.

2	2	2	2	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3	3	3
0	0	0	0	1	1	1	1

Buat image yang akan diidentifikasi (tes image), hitung matriks *eigenface* dari matriks tes image dengan cara yang sama seperti menentukan matriks *eigenface* pada matriks C.

Tes image

1	2
3	4

menjadi matriks tunggal = 1 2 3 4

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 3 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix} -$$

1. Tentukan jarak (*distance*) terpendek dari *eigenface* pada tes image yang akan diidentifikasi dengan nilai *eigenface* dari matriks C. Dengan cara mencari nilai absolut dari pengurangan baris matriks *eigenface* yang akan diidentifikasi dengan baris matrik *eigenface* pada matriks C.

$$0 \ 0 \ 0 \ 0 \quad 1 \ 1 \ 1 \ 1$$

$$\underline{0 \ 0 \ 0 \ 1} - \underline{0 \ 0 \ 0 \ 1}$$

$$0 + 0 + 0 + 1 = 1 \quad 1 + 1 + 1 + 0 = 3$$

Ambang batas dari *distance* adalah

$$0 \leq \text{Distance} \leq \text{rata-rata distance}$$

rata rata *distance* dapat ditentukan dari hasil dari ujicoba yang dilakukan, sejauh mana rata-rata perbedaan citra input dengan citra database yang dikenali.

2.1. Perancangan Database

Database yang digunakan hanya terdiri dari 1 tabel yaitu tabel uang dengan struktur tabel dapat dilihat pada table.

Tabel-1, Tabel uang

No	Field name	Type	Width	Key	Keterangan
1	Id	Number	Integer	Primary Key	Id tabel
2	Nominal	Number	Integer		Nilai Pecahan rupiah
3	Terbilang	Text	50		Rupiah terbilang

Sedangkan file citra *.jpg disimpan dalam satu folder dengan nama file citra sesuai dengan id yang ada pada database.

2.2. Perancangan Antar Muka

Perancangan antar muka merupakan transformasi dari perancangan proses yang ada, adapun perancangan antar muka dari sistem ini adalah:

Tampilan Input Master Data Citra yaitu form untuk memasukkan koleksi citra ke dalam database, yang nantinya akan digunakan sebagai referensi dalam pengenalan citra uang. Tampilan input master data citra dapat dilihat pada Gambar 10 Master Data Citra.



Gambar 10 Master data Citra

2.3. Tampilan Input dan Output Pengenalan Citra Uang

Pada form ini citra uang di-scan untuk kemudian ada dicocokkan dengan citra koleksi yang ada pada database. Sedangkan hasil output berupa nilai nominal yang akan tertera pada label nominal uang. Tampilan input dan output pengenalan citra dapat dilihat pada Gambar 11 Input Output Pengenalan Citra Uang.





Gambar 11 Input Output Pengenalan Citra Uang

3. Implementasi

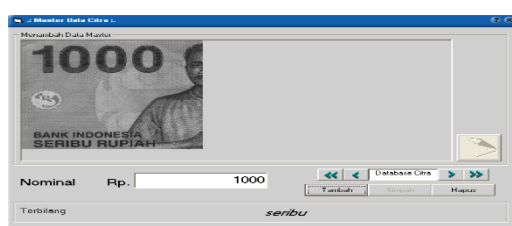
Implementasi sistem dilakukan dengan 7 pecahan mata uang kertas yang masih berlaku saat ini. Mata uang kertas *dicapture* satu sisi bagian depan (sisi yang tertera tanda tangan gubernur), dengan posisi tegak (tidak terbalik). Seperti terlihat pada tabel 2 Citra Uang.

Tabel-2, Citra Uang

Gambar Uang	Pecahan Nominal
	Rp.1000
	Rp.2000

	Rp.5000
	Rp.10000
	Rp.10000
	Rp.20000
	Rp.50000
	Rp.10000 0

Mula-mula citra uang diinputkan ke dalam referensi database yang dicapture melalui scanner. Scanner yang digunakan adalah EPSON Stylus CX5500. Tampilan aplikasi untuk meng-input-kan referensi citra seperti terlihat pada Gambar 12. Input Master citra.



Gambar 12 Input Master Citra

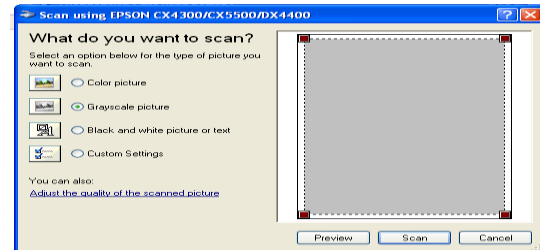
Gambar 13, Input Master Citra (gambar kedua)

Selanjutnya letakkan citra uang pada scanner dengan koordinat(0,0) yaitu dipojok kanan bawah, seperti terlihat pada Gambar Uang pada Scanner.

.Lalu pada aplikasi pilih tombol aplikasi pilih tombol



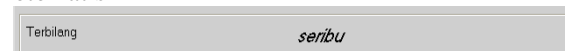
bergambar scanner setelah muncul tampilan seperti Gambar 13. Tampilan Scanner. Pilih grayscale picture lalu pilih scan.



Gambar 13, Tampilan Scanner

Setelah citra uang tercapture masukkan

nominal uang maka pada label terbilang akan muncul terbilang secara otomatis

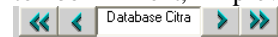


(untuk menampilkan terbilang dapat dilihat pada lampiran fungsi terbilang). Kemudian pilih tombol

simpan untuk menyimpan, atau tombol

batal untuk membatalkan. Tombol navigasi

lainnya adalah hapus untuk menghapus record, atau tombol next, preview, last dan first



Untuk masing-masing pecahan mata uang dimasukkan sebanyak 2 kali, yaitu uang kertas yang masih dalam kondisi bagus dan uang kertas yang kondisinya sudah lusuh sehingga warna menjadi kecoklatan. Contoh citra uang yang masih bagus dan sudah lusuh terlihat pada Gambar 14 Citra Bagus vs Lusuh.



Gambar 13 Citra Bagus vs Lusuh

Citra yang tersimpan dalam database adalah citra yang sudah dipreprocessing. Gambar 10 merupakan contoh citra yang belum dipreprocessing

dan yang sudah dipreprocessing (citra uang dikonversi menjadi grayscale dan di crop ukuran 3500 pixel x 3500 pixel).



Gambar 14 Preprocessing Citra

Selanjutnya proses bagaimana citra uang dapat dikenali. Tampilan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 15 Pengenalan Uang.

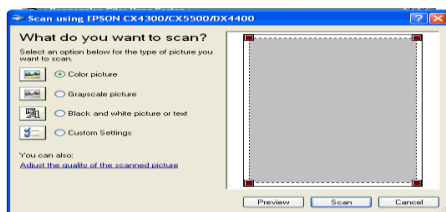


Gambar 15 Pengenalan Uang.

Tombol load digunakan untuk menghitung eigenface dari masing masing citra yang ada di database, load cukup dilakukan satu kali selama tidak ada perubahan database.



Selanjutnya tombol bergambar scanner untuk menginputkan citra yang akan di tes. Untuk input citra yang akan dites pada tampilan scanner dipilih color picture.



Gambar 16 Tampilan Scanner Input Citra.

Selanjutnya aplikasi akan melakukan *preprocessing* pada citra yang akan dites, lalu sistem akan menghitung nilai eigenface pada tes citra dan membandingkan dengan nilai eigenface pada database citra yang telah dihitung pada saat tombol load dipilih. Setelah didapat jarak terdekat antara nilai eigenface pada citra yang di tes dengan nilai eigenface yang ada pada database maka output berupa citra pada database yang dikenali akan muncul di sebelah kanan citra input yang dites. Output nilai nominal dan terbilang juga akan tampil dibawahnya. (source code dapat dilihat pada lampiran). Jika jarak terdekat yang didapat melebihi batas toleransi *distance* yang telah ditentukan maka citra uang tidak dikenali, seperti terlihat pada Gambar 17 Citra Uang Tidak Dikenali.



Gambar 17 Citra Uang Tidak Dikenali

2. Hasil Percobaan

Untuk pengujian sistem dilakukan sebanyak 280 kali percobaan, dengan kondisi yang berbeda-beda, dengan rincian yaitu: Kondisi standart, uang *dicapture* pada sisi depan dengan posisi tegak. Masing-masing pecahan mata uang kertas *dicapture* sebanyak 10 (sepuluh) kali dengan 10 mata uang kertas yang berbeda dan diambil secara *random*. Hasil uji coba masing masing pecahan mata uang kertas dengan kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 3 Uji Coba Konsidi 1 (Satu).

Tabel 3 Hasil Uji Coba Konsidi 1 (Satu)

Pecahan Nominal	Uang 1	Uang 2	Uang 3	Uang 4	Uang 5	Uang 6	Uang 7	Uang 8	Uang 9
1000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
2000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
5000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Ok	ok	ok
10000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
10000 Baru	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Ok	ok	ok
20000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Tdk dikenali	ok	ok
50000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Ok	ok	ok
100000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Ok	Tdk dikenali	ok

1. Kondisi 1 (kondisi standart) dengan 80 kali percobaan.

Hasil uji coba dapat dilihat pada Tabel 4 Hasil Uji Coba Kondisi Standart

Tabel 4 Hasil Uji Coba Kondisi Standart

Jumlah percobaan	Dikenali	Tidak dikenali
80	76	4

Prosentase Akurasi Pengenalan $76/80 * 100\% = 95\%$

2. Kondisi 2 (dengan lipatan/potongan) dengan 80 kali percobaan Dari hasil uji coba dapat dilihat untuk jenis lipatan 5 dan lipatan 7 tidak satu pun citra uang yang dikenali, hasil analisisnya adalah: aplikasi tidak dapat mengenali lipatan yang luasnya $\pm 2\text{cm}$ seperti pada lipatan 5 dan lipatan 7.

Sedangkan untuk lipatan yang tidak lebih dari $\pm 1\text{cm}$ masih bisa dikenali.

Tabel 5 Hasil Uji Coba Kondisi 2(dua)

Jumlah Percobaan	Lipatan ±1cm		Lipatan ±2cm	
	Dikenali	Tidak Dikenali	Dikenali	Tidak Dikenali
80	61	3	0	16
	64		16	

Prosentase pengenalan untuk lipatan ±1cm: $61/64 \times 100\% = 95,3\%$

Prosentase pengenalan untuk lipatan ±2cm: $0/16 \times 100\% = 0\%$

3.Kondisi 3 (Noda/Coretan) dengan 64 kali percobaan.

Dari hasil uji coba dapat dilihat untuk noda 6 dan noda 7 tidak satu pun citra uang yang dikenali, hasil analisisnya adalah: aplikasi tidak dapat mengenali noda yang luas nodanya ±2cm seperti pada noda 6 dan noda 7. Sedangkan untuk noda yang tidak lebih dari ±1cm masih bisa dikenali.

Tabel-6 Hasil Uji Coba Kondisi 3(tiga)

Jumlah Percobaan	Lipatan ±1cm		Lipatan ±2cm	
	Dikenali	Tidak Dikenali	Dikenali	Tidak Dikenali
64	51	7	0	16
	48		16	

Prosentase pengenalan untuk noda ±1cm: $41/48 \times 100\% = 85,4\%$

Prosentase pengenalan untuk noda ±2cm: $0/16 \times 100\% = 0\%$

KESIMPULAN

Dari perancangan, implementasi hingga pengujian sistem pengenalan mata uang dengan metode eigenface dapat disimpulkan:

1. Metode eigenface dapat implementasikan pada pengenalan citra uang.
2. Komposisi warna pada citra uang sangat berpengaruh pada proses pengenalan, khususnya warna yang mulai pudar dari aslinya dan agak kecoklatan (*lusu* dan *lecek*).
3. Kertas dengan warna gelap masih dikenali sebagai citra uang.
4. Pergeseran, kemiringan dan noda pada citra masih dapat dikenali selama dalam batas toleransi pada sistem.
5. Proses pengenalan akan berjalan dengan baik bila capture uang jelas dan tidak kabur.
6. Sistem memiliki tingkat pengenalan tertinggi 95,3% dan terendah 75%.
7. Metode eigenface cukup baik digunakan dalam pengenalan uang dengan berbagai kondisi selama uang diletakkan dikoordinat (0,0).

Saran

Sistem pengenalan nilai nominal mata uang dengan metode eigenface ini dapat dikembangkan lebih, misalnya:

- a. Tidak hanya mengenali satu sisi tapi dua sisi mata

- uang dengan kondisi terbalik ataupun tidak dapat mendeteksi uang palsu atau bukan.
- b. Dapat dilakukan pengenalan multi objek, tidak hanya perlembar uang kertas.
- c. Pengenalan dilakukan pada ukuran uang yang sebenarnya. Menambahkan kuantitas database citra sehingga hasil pengenalan lebih akurat

REFERENSI

- Basuki Achmad, F Palandi dan Fatchurrohman, 2015. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Visual basic*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Cunkas, M. & Akkaya, R., 2012. Design Optimization Of Design by Genetic Algorithm and Comparison with Existing Model. *Mathematical and Computational Applications*, 11(3), pp.193–203.
- Danang mursita. et al., 2014. *Aljabar Linier*. Bandung: Rekayasa Sains., 10(2), hal.269–283.
- Didik Sutoyo. et al., 2010. Teori Pengolahan Citra digital. Yogyakarta. Andi., 9(2), hal.96–106.
- Datta, A.K. et al., 2014. Simulation of Static Frequency Domain for Image Processing Machine Operation and Investigation of Shaft Voltage. , 8(3), pp.564–569.
- Ebrahimi, B.M. & Faiz, J., 2012. Configuration impacts on eccentricity fault detection Image in metals Desain., *IEEE Transactions on Magnetics*, 48(2), pp.903–906.
- Gubian, S., Suomela, B. & Hoeng, J., 2013. Generalized Simulated Annealing for Global Optimization : The GenSA Package. , 5(June), pp.13–28.
- Hermawanto, D., 2013. Genetic algorithm for solving simple mathematical equality problem. *arXiv preprint arXiv:1308.4675*. Available at: <http://arxiv.org/abs/1308.4675>.
- Jiang, W. & Wang, Z., 2016. Calibration of visual model for space manipulator with a hybrid LM-GA algorithm. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 66–67, pp.399–409. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ymssp.2015.05.033>
- M. Y. Dakhole, P.G.M. and V.N.M., 2012. Design And Analysis Of Dedicated Fixture For Multistage \nSpecial Purpose Machine. *Indian Streams Research Journal*, 2(8), pp.181–192. Available at: <http://www.isrj.net/PublishArticles/1324.pdf>.
- Street, B., 2002. Simulated annealing and genetic algorithm applied to finishing mill optimization for hot rolling of wide steel strip. , 6(2), pp.104–111.
- Teknik Elektro PENS ITS, 2011, *Penerapan Face Recognition Dengan Metode Eigenface Dalam Intelligent Home Security.pdf*. Surabaya