

RANCANG BANGUN ALAT DETEKSI UANG KERTAS PALSU DENGAN METODE *TEMPLATE MATCHING* MENGGUNAKAN *RASPBERRY PI*

Mentari Adhatil Putri^{1*}, Hendrick², Tati Erlina³, Derisma⁴

^{1,3,4} Sistem Komputer Fakultas Teknologi Informasi Universitas Andalas

² Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang

Kampus Unand Limau Manis, Padang

* aimentari11@gmail.com

ABSTRAK

Cara manual yang digunakan untuk mendeteksi keaslian uang kertas memiliki banyak kelemahan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang sebuah alat yang dapat mengidentifikasi keaslian uang kertas tanpa mengandalkan penglihatan manusia. Sistem pada alat ini menggunakan mini PC *Raspberry Pi*, lampu *ultraviolet*, kamera dan metode *Template Matching*. *Template Matching* adalah sebuah teknik pada pengolahan citra digital untuk menemukan bagian-bagian kecil dari gambar yang cocok dengan gambar *template*. Lampu *ultraviolet* digunakan untuk memunculkan gambar *Invisible Ink* dari objek uang kertas pecahan 50.000. Kamera digunakan untuk menangkap gambar uang kertas setelah disinari lampu *ultraviolet*. Gambar tersebut kemudian diproses di *Raspberry Pi* menggunakan *library OpenCV* untuk mendapatkan nilai hasil kemiripan dengan gambar. Keluaran dari sistem ini berupa suara yang memberikan informasi tentang asli atau tidaknya uang kertas tersebut. Dari 16 kali percobaan dengan posisi kamera tetap dan berjarak + 8 cm dari uang, terdapat 2 kali kegagalan yang disebabkan tipisnya perbedaan warna dasar uang dengan gambar *template*, sehingga didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 87,5%. Sedangkan pada jarak + 7 cm dan +6 cm dari uang kertas sistem tidak dapat mendeteksi keaslian uang kertas tersebut. Dari 25 kali percobaan berdasarkan posisi/kemiringan uang kertas didapatkan tingkat 36%. Oleh karena itu *Template Matching* sangat dipengaruhi oleh *template*, *thresholding*, posisi objek, serta posisi/jarak kamera.

Kata kunci : kamera, *ultraviolet*, *Template Matching*, *Raspberry Pi*, *OpenCV*

ABSTRACT

There are some drawbacks of manual technique used to detect the originality of a bank note. Therefore in this research, a tool was designed to identify the authenticity of a bank note without relying on human vision. The tool made used of a Raspberry Pi, an ultraviolet light lamp, a camera and employed a method called Template Matching. The ultraviolet light lamp was used to conjure Invisible Ink image from the object that is Rp 50.000 bank note. The camera took the picture of the banknote which had been exposed to ultraviolet light. The image, then, was processed by Raspberry Pi using library OpenCV to earn similarity value with image that had been saved in memory. The output of the system was a voice which clarify that the bank note being tested was original or fake. From 16 times experiment with fixed camera position and about 8 cm distance from the bank note, there are 2 errors which caused by a subtle difference between basic color of the bank note and the template image. Thus, success rate of the system on that gap is 87,5%. However, by measurement distance about 7 cm and 6 cm between the camera and the object, the system cannot identify the originality of a bank note. From 25 times experiment based on position/tilt, it is known that success rate is about 36%.

Keywords : *ultraviolet*, *Template Matching*, *Raspberry Pi*, *OpenCV*

PENDAHULUAN

Pada umumnya pendeteksian keaslian uang kertas masih dilakukan

secara manual menggunakan penglihatan manusia (*human vision*), Pada penelitian ini *computer vision* digunakan untuk

menggantikan peranan *human vision* dalam mengidentifikasi keaslian uang.

Penelitian tentang sistem pendeteksi uang palsu sudah pernah dilakukan sebelumnya (Harjunowibowo, 2010), namun penelitian tersebut hanya menggunakan PC sebagai alat pengolah citra bagi gambar yang sudah tersimpan sebelumnya di PC tersebut, sehingga cenderung bersifat statis. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian dengan menciptakan sebuah alat atau sistem yang mampu bekerja secara otomatis, akurat, dan tidak memerlukan campur tangan manusia dalam mengidentifikasi keaslian uang kertas. Pengolahan data citra pada penelitian ini menggunakan *Raspberry Pi*. Citra masukan berupa citra yang muncul dari uang kertas akibat pendaran cahaya lampu *ultraviolet* saat menyinari *Invisible Ink* pada uang kertas. Kamera sebagai sensor dalam sistem diharapkan mampu membedakan beberapa perbedaan uang kertas pecahan 50.000 rupiah yang asli dengan uang kertas pecahan 50.000 rupiah palsu.

LANDASAN TEORI

Uang Kertas

Uang kertas rupiah adalah uang dalam bentuk lembaran yang terbuat dari bahan kertas atau bahan lainnya (yang menyerupai kertas) yang dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia, dalam hal ini Bank Indonesia, dimana penggunaannya dilindungi oleh UU No.23 tahun 1999 dan sah digunakan sebagai alat tukar pembayaran di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (Wicaksono & Dawud, 2008).



Gambar 1. Uang Kertas Pecahan Lima Puluh Ribu

Pada penelitian ini pemilihan fitur pengaman berupa cetakan tidak kasat mata (*Invisible Ink*) digunakan sebagai acuan untuk memeriksa persentase keaslian uang kertas tersebut. Gambar 2.2 merupakan ciri uang berdasarkan fitur pengaman *Invisible Ink*.



Gambar 2. Fitur Pengaman *Invisible Ink*

Web Camera

WebCam adalah kamera video sederhana yang mempunyai ukuran yang relatif lebih kecil dari kamera biasa. Kamera ini bisa digunakan untuk komunikasi video jarak jauh atau sebagai kamera pemantau. *WebCam* tidak membutuhkan media penyimpanan pada *webcam* tersebut karena data hasil perekaman disimpan langsung pada komputer yang terhubung dengan *webcam* tersebut (Majid, 2012).



Gambar 3. *Webcam*

Citra Digital

Citra adalah suatu representasi, kemiripan atau sebuah imitasi dari suatu objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat

analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpan (Sutoyo, 2009).

Citra digital adalah citra $f(x,y)$ yang diubah koordinatnya dan kecerahannya kedalam bentuk diskrit. Citra digital dapat dianggap sebagai matriks dimana index baris dan kolomnya menyatakan kecerahan pada titik tersebut (Gonzales, Rafael, Woods & Richard, 2002). Titik pada citra digital disebut pixel.



Gambar 4. Citra Digital (Nugroho & Aulia, 2011)

Computer Vision

Computer Vision atau juga disebut *machine vision* adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana komputer dapat mengenali suatu objek yang dilihat atau diobservasi, dimana informasi dapat secara otomatis diekstraksi dan dianalisis dari sebuah citra oleh komputer tersebut.

Computer Vision berhubungan dengan otomatisasi interpretasi citra untuk membuat berbagai pengukuran yang objektif atau untuk meningkatkan visibilitas ketelitian. Tujuan *Computer Vision* adalah membuat suatu keputusan dari suatu obyek nyata yang dilihat oleh komputer. Dalam membuat keputusan dari citra atau objek, komputer membutuhkan beberapa deskripsi dari citra objek tersebut (Basuki, 2007).

Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik), melakukan pemilihan citra ciri (*feature images*) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau

deskripsi objek atau pengujian objek terkandung pada citra, melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data. Input dari pengolahan citra adalah citra, sedangkan output-nya adalah citra hasil pengolahan (Wahyono, Eko & Ernastuti, 2009).

a. Akuisisi Citra

Akuisi citra adalah tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Tujuan akuisisi citra adalah untuk menentukan data yang diperlukan dan memilih metode perekaman citra digital.

b. Pre Processing

Proses *Pre-Processing* pada citra digunakan untuk penyamaan ukuran matriks yang akan dicocokkan dengan algoritma *Template Matching Correlation* serta penghilangan *noise* pada citra.

1. Resize Image

Mengubah ukuran citra *image* jika diperlukan atau citra sumber ukurannya tidak tetap.

2. Grayscale

Pada proses *grayscale*, masing-masing pixel RGB dari citra diambil nilainya, lalu dilakukan pengambilan *mean* dari ketiga nilai RGB tersebut, yang nantinya masing-masing nilai R, G, dan B akan diinisialisasi dengan nilai rata-ratanya tersebut sehingga tercipta warna keabu-abuan dari matriks citra yang telah dilakukan proses *grayscale*.

3. Thresholding

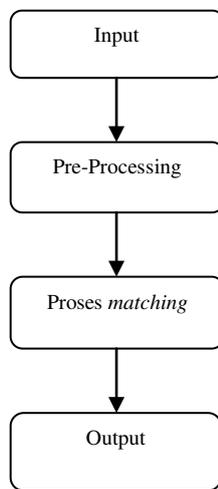
Thresholding adalah suatu proses yang digunakan untuk menghasilkan citra biner yaitu citra dengan hanya dua warna, yaitu: hitam dan putih [15]. Nilai pixel yang awalnya lebih kecil daripada 127 diinisialisasi dengan nilai pixel 1, sedangkan nilai pixel yang awalnya lebih besar daripada 127 yang berupa *background* diinisialisasi dengan nilai pixel 0. Untuk perubahan warna citra menjadi biner, *thresholding* juga digunakan untuk penghilangan *noise* yang dapat mengganggu hasil dari pengenalan bentuk nantinya.

Pengenalan Pola

Pola adalah entitas yang terdefinisi dan dapat diidentifikasi melalui ciri-cirinya. Pengenalan pola (*pattern recognition*) merupakan pengelompokan data numerik dan simbolik (termasuk citra) secara otomatis oleh komputer agar suatu objek dalam citra dapat

dikenali dan diinterpretasi. Pengenalan pola adalah tahapan selanjutnya atau analisis dari pengolahan citra (Meita & Albert, 2006).

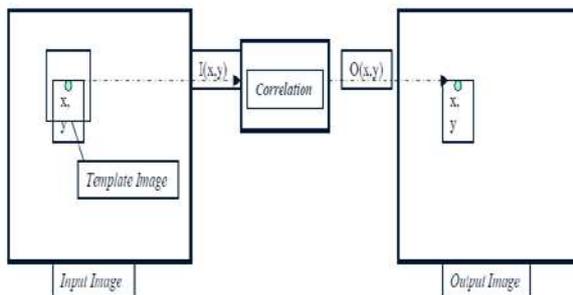
Hal hal yang dilakukan pada pengenalan pola:



Gambar 5. Pengenalan Pola (Meita & Albert, 2006)

Template Matching

Template Matching adalah sebuah teknik pada pengolahan citra yang membanding citra sumber (source) dengan citra *template* kemudian menemukan bagian yang cocok dengan citra *template*. *Template Matcing* sendiri merupakan proses mencari suatu objek pada keseluruhan objek yang berada dalam suatu citra.



Gambar 6. Metode *Template Matching* (Alexander & Abid, 2013)

Proses *matching* memindahkan *template image* ke tempat yang memungkinkan di dalam *source image*, lalu menghitung *index* yang megindikasikan

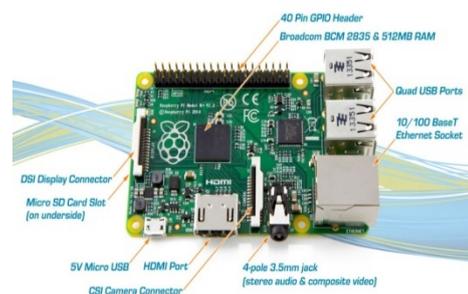
seberapa besar kecocokan *template* itu dalam posisi tersebut. Proses *matching* dilakukan berdasarkan *pixel-by-pixel*. Proses *matching* dilakukan dengan mendapatkan gambar ukuran (WxH) dan ukuran *template* (wxh) serta melakukan proses *Template Matching* cv2.TM_CCOEFF untuk menentukan nilai R (result).

Open CV

OpenCV merupakan singkatan dari Open Computer Vision, yaitu sebuah *library* yang gratis yang dikembangkan oleh Intel Corporation yang di khususkan untuk melakukan *image processing*. Tujuannya adalah agar komputer mempunyai kemampuan yang mirip dengan cara pengolahan visual pada manusia. *OpenCV* mempunyai *API* (*Aplication Programming Interface*) untuk *high level* maupun *low level*, terdapat fungsi-fungsi siap pakai, baik untuk *loading*, *saving*, akuisisi gambar maupun video (Pramana dkk, 2011).

Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan teknologi mini komputer dimana semua komponen penyusun sebuah komputer dibuat dalam sebuah *board* mini. *Raspberry Pi* (juga dikenal sebagai **RasPi**) adalah sebuah SBC ([Single Board Computer](#)) yang berukuran sebesar kartu kredit.



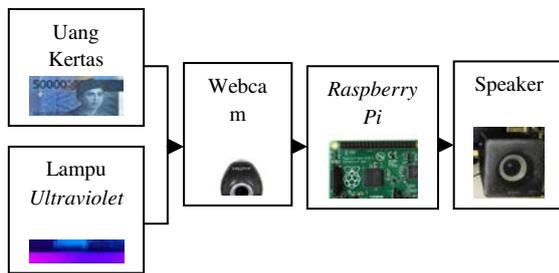
Gambar 7. *Raspberry Pi* Tipe B+ (Elecia, 2014)

METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan *Hardware*

Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan bentuk prototype pendeteksi uang kertas palsu dan perancangan sistem secara

keseluruhan. Adapun diagram blok dari sistem ini adalah :

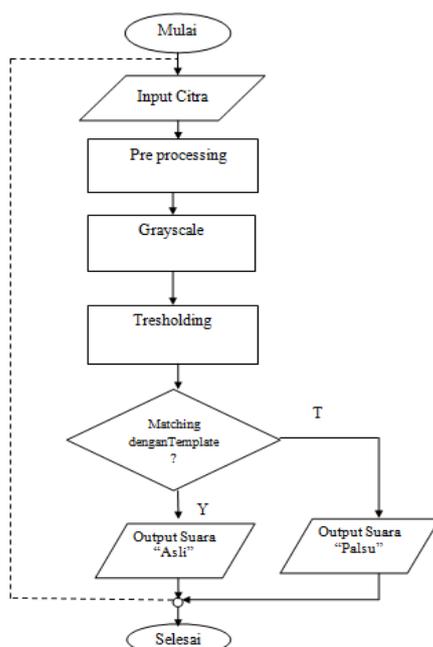


Gambar 8. Blok diagram sistem keseluruhan

Penjelasan cara kerja gambar diagram blok sistem secara keseluruhan adalah:

1. Webcam berfungsi untuk menangkap/capture gambar uang kertas (*input gambar*).
2. Lampu Ultraviolet berfungsi untuk memunculkan gambar *Invisible Ink* dari uang kertas.
3. Raspberry Pi berfungsi sebagai otak dari sistem yang memproses citra masukan dengan *OpenCV-python* dan mengeksekusi perangkat output sesuai dengan instruksi yang diatur oleh pada *Raspberry Pi* ini.
4. Speaker berfungsi sebagai output suara apakah uang kertas tersebut asli atau tidak.

Perancangan Software



Gambar 9. Diagram alir perancangan software

Cara kerja pada sistem ini adalah hasil *capture* gambar uang kertas yang telah disinari lampu *ultraviolet* diproses menggunakan langkah-langkah *image processing*. Pada proses ini akan dilakukan beberapa tahap untuk mengidentifikasi citra masukan yang sesuai dengan citra *template*, yaitu *pre-processing* dan, *proses Template Matching*, sehingga dapat diidentifikasi citra masukan dari kamera dan memberikan informasi yang sesuai. *Image* masukan dan *image template* akan dibandingkan, jika *image* masukan *matching* dengan *template* maka output yang keluar adalah suara "Asli" dan jika tidak maka output yang keluar adalah suara "Palsu".

HASIL DAN ANALISA

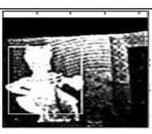
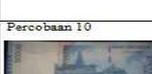
Untuk menentukan apakah uang kertas tersebut asli atau palsu maka ditetapkan sebuah konstanta ($up = 12000000$) nilai dasar kemiripan / *matching* yang pas dengan uang asli, yang akan dibandingkan dengan nilai maksimal (max_val) dari proses *Template Matching* yang dilakukan. Nilai konstanta up disini ditetapkan dari hasil percobaan (*trial* dan *error*) dan diambil nilai yang paling kecil dari range nilai *maximum value* yang didapatkan pada beberapa pengujian *Template Matching* dengan uang kertas asli. Jika nilai maksimum (max_val) *Template Matching* pada uang kertas pecahan 50.000 yang diujikan besar dari nilai konstanta up maka uang tersebut merupakan uang asli dan jika nilai tersebut kecil dari nilai up maka uang tersebut merupakan uang palsu.

Pengujian Dan Hasil

1. Pengujian *Template Matching* Dengan Objek Uang Kertas Pecahan 50.000 Rupiah Asli

Pada pengujian ini, dilakukan sepuluh kali pengujian dimana objek yang digunakan adalah sepuluh buah uang kertas asli dengan berdasarkan nilai max_val (*maximum value*) yang dibandingkan dengan nilai konstanta $up = 12000000$.

Tabel 1. Pengujian uang kertas 50.000 asli

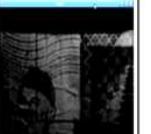
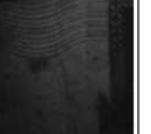
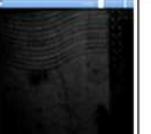
No	Gambar Asal	Gambar setelah dimatchingkan	Nilai max_val CCOEFF	Hasil
1.			22643646.5	Asli
2.			12835141.5	Asli
3.			12643646.0	Asli
				
8.			14067617.0	Asli
9.			13546572.5	Asli
10.			12643646.0	Asli

Pada kesepuluh pengujian di atas, nilai maksimum *matching* yang didapatkan besar dari 12000000. Nilai maksimum kemiripan pada masing-masing uang mempunyai nilai berbeda-beda dikarenakan hasil identifikasi *template* pada masing-masing uang kertas pecahan 50.000 tersebut memiliki gambar (*Invisible Ink*) penari bali dengan tingkat kecerahan dan ketajaman yang berbeda namun masih berada pada range yang sama yaitu besar dari 12000000. Nilai *maximum value* pada masing-masing uang kertas pecahan 50.000 tersebut memenuhi kondisi besar dari konstanta $up = 12000000$ sehingga output dari kesepuluh percobaan di atas adalah “Asli”.

2. Pengujian *Template Matching* Dengan Objek Uang Kertas Pecahan 50.000 Rupiah Palsu.

Tabel 2 Pengujian uang kertas 50.000 palsu

Jika nilai *max_val* kecil dari nilai *maximum* ($up = 12000000$) maka uang tersebut dinyatakan palsu.

No	Gambar Asal	Gambar setelah dimatchingkan	Nilai Max_val CCOEFF	Hasil
1.			1768880.125	Palsu
2.			1246869.75	Palsu
3.			19897394.0	Asli
4.			18369828.0	Asli
5.			4067776.0	Palsu
6.			3532751.0	Palsu

Pada Tabel 2 percobaan menggunakan uang kertas pecahan 50.000 palsu di atas, nilai maksimum kemiripan yang didapatkan berada pada range yang berbeda yaitu yang berada pada $range < 12000000$ yang dinyatakan palsu dan yang berada pada $range > 12000000$ yang

dinyatakan asli. Hal tersebut dikarenakan hasil identifikasi *template* pada masing-masing uang kertas pecahan 50.000 berbeda karena masing-masing uang palsu memiliki warna *background* atau warna dasar yang berbeda-beda, ada yang menyerupai uang kertas pecahan 50.000 asli dan ada yang berwarna dasar seperti warna *Invisible Ink* atau berbeda dari uang kertas pecahan 50.000 asli. Selain itu warna *template* yang tidak tajam, dan keadaan di dalam kotak yang gelap serta perbedaannya dengan warna *background* uang sangat kecil, sehingga ada beberapa uang palsu yang terdeteksi sebagai uang asli seperti pada percobaan ke 3 dan 4 yang memiliki nilai *result* 19897594.0 dan 18369828.0 .

Persentase dua buah percobaan dengan 16 *sample* di atas atau tingkat keberhasilan deteksi uang palsu pada 16 percobaan di atas adalah 87,5%. Bisa dilihat perolehan nilai dari kedua percobaan di atas, untuk objek yang terdeteksi asli mendapatkan nilai maksimum kemiripan yang lebih besar dari 12000000 dan yang terdeteksi palsu mendapatkan nilai maksimum kemiripan yang lebih kecil dari 12000000.

3. Pengujian *Template Matching* Berdasarkan Posisi/Kemiringan Uang

Tabel .3 Pengujian posisi kemiringan pada uang kertas pecahan 50.000 rupiah asli

No	Gambar Asal	Gambar setelah dimatchingkan	Nilai Max_val CCOEFF	Hasil
1.	Kemiringan 0° 		28794754.0	Asli
2.	Kemiringan 45° 		16794754.0	Asli
3.	Kemiringan 90° 		7050496.5	Palsu
4.	Kemiringan 135° 		6713977.0	Palsu
5.	Kemiringan 180° 		18380860.0	Asli

Tabel 4. Pengujian Pada 5 Buah Uang Kertas Asli Berdasarkan Posisi Kemiringan Uang

Posisi Kemiringan	Uang Asli 1	Uang Asli 2	Uang Asli 3	Uang Asli 4	Uang Asli 5
0°	Asli	Asli	Asli	Asli	Asli
45°	Asli	Palsu	Asli	Palsu	Palsu
90°	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu
135°	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu
180°	Asli	Palsu	Palsu	Asli	Palsu

Berdasarkan pengujian di atas dapat dianalisa bahwa pengujian yang paling akurat berada pada posisi uang dengan kemiringan 0° atau tetap (horizontal). Pada posisi tersebut uang terdeteksi asli sedangkan pada posisi yang lain uang rata-rata terdeteksi palsu dikarenakan posisi *template* yang dibandingkan dengan gambar sumber berbeda dalam kemiringannya. Gambar *template* yang disimpan mempunyai sudut kemiringan 0° dan resolusi 272 x 30 sehingga jika objek diubah posisi atau kemiringannya akan merubah susunan pixel gambar *template* yang ada pada gambar sumber tersebut yang akan membuat perhitungan jumlah pixel yang *matching* berbeda dengan posisi tetap (kemiringan 0°). Pada pengujian berdasarkan posisi kemiringan uang ini didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 36 %.

Tabel 5. Pengujian posisi kemiringan pada uang kertas pecahan 50.000 rupiah palsu

No	Gambar Asal	Gambar setelah dimatchingkan	Nilai Max_val CCOEFF	Hasil
1.	Kemiringan 0° 		1645632.0	Palsu
2.	Kemiringan 45° 		1414562.6	Palsu
3.	Kemiringan 90° 		2527350.5	Palsu

4.	Kemiringan 135°			2431333.0	Palsu
5.	Kemiringan 180°			814196.4	Palsu

Palsu Berdasarkan Posisi Kemiringan Uang

Posisi Kemiringan	Uang Palsu 1	Uang Palsu 2	Uang Palsu 3	Uang Palsu 4	Uang Palsu 5
0°	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu
45°	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu
90°	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu
135°	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu
180°	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu

Berdasarkan percobaan di atas dapat dianalisa bahwa pengujian dengan uang palsu yang tidak memiliki objek gambar *template* memiliki hasil yang sama yaitu “Palsu”. Karena tidak adanya gambar *template* pada uang palsu maka nilai maksimum koefisien korelasi yang didapat berada dibawah nilai konstanta yang ditetapkan ($up = 12000000$) meskipun posisi atau kemiringan uang diubah-ubah.

semua uang kertas asli terdeteksi palsu. Hal tersebut dikarenakan gambar *template* diambil dari hasil capture uang asli 50.000 pada jarak ± 8 cm dari uang tersebut . Jika uang kertas asli memiliki nilai pixel dan nilai *matching* yang pas dengan gambar *template* maka nilai maksimum *matching* akan bernilai besar dari nilai konstanta/ nilai maksimum yang ditetapkan sebelumnya untuk menentukan keaslian uang tersebut. Sedangkan jika jarak kamera diperdekat dengan objek, maka akan merubah nilai pixel gambar *template* yang ditemukan pada gambar sumber sehingga nilai *matching* menjadi kecil dari nilai maksimum yang ditetapkan dan uang akan terdeteksi palsu. Pada pengujian berdasarkan jarak ini sistem hanya dapat

4. Pengujian *Template* mathing berdasarkan jarak kamera dengan uang

Tabel 7. Pengujian pada 5 buah uang kertas asli

Jarak	Uang Asli 1	Uang Asli 2	Uang Asli 3	Uang Asli 4	Uang Asli 5
± 8 cm	Asli	Asli	Asli	Asli	Asli
± 7 cm	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu
± 6 cm	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu

Tabel 8. Pengujian pada 5 buah uang kertas palsu

Jarak	Uang Palsu 1	Uang Palsu 2	Uang Palsu 3	Uang Palsu 4	Uang Palsu 5
± 8 cm	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu
± 7 cm	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu
± 6 cm	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu	Palsu

Berdasarkan pengujian di atas dapat dianalisa bahwa pada jarak kamera ± 8 cm sistem dapat mendeteksi semua keaslian uang dan memberikan hasil yang memuaskan karena semua uang asli terdeteksi “Asli”. Sementara pada jarak ± 7 cm dan ± 6 cm dari kamera,

mendeteksi keaslian uang pada jarak ± 8 cm, sedangkan pada jarak ± 7 cm dan ± 6 cm sistem tidak berhasil mendeteksi keaslian uang.

Pada pengujian dengan objek uang kertas palsu , masing-masing jarak mendeteksi semua uang palsu adalah palsu, hal tersebut karena semua uang palsu tidak memiliki gambar *template* sehingga nilai maksimum *matching* lebih kecil dari nilai maksimum *matching template* yang ditetapkan. Dari percobaan-percobaan di atas dapat disimpulkan bahwa posisi tetap 0° (posisi uang lurus tidak miring) dan jarak kamera ± 8 cm yang sesuai dengan *template* memiliki hasil yang lebih baik daripada yang lain dikarenakan

memiliki nilai maksimum *matching* yang lebih besar atau sama dengan nilai *matching* uang asli.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menerapkan rancangan yang dibuat maka dapat diambil kesimpulan seperti berikut:

1. Sistem sudah dapat mendeteksi *template* dengan posisi kamera pada rancang bangun alat deteksi uang palsu ini berjarak ± 8 cm
2. dari objek uang kertas, sedangkan pada jarak ± 7 cm dan ± 6 cm sistem tidak dapat mendeteksi keaslian uang kertas.
3. Perbedaan warna background / warna latar gambar sumber dengan warna *template* sangat mempengaruhi nilai kemiripan / nilai *Template Matching*.
4. Proses *Template Matching* sangat dipengaruhi oleh bentuk dan warna *template*, nilai *thresholding*, jarak/posisi kamera serta posisi objek.

Saran

Untuk pengembangan rancang alat deteksi uang palsu menggunakan raspberry ini, ada beberapa saran yang bisa dijadikan acuan:

1. Menggunakan proses pengenalan *template* dengan menggunakan metode SURF, dikarenakan lebih mudah dan detail untuk mengenal *template* dengan cepat dan akurat.
2. Menggunakan kamera yang lebih baik seperti: kamera *raspberry cam* atau kamera yang memiliki resolusi bagus pada kegelapan karena pixel dan kecepatan pengambilan gambar dapat mempengaruhi kerja *Raspberry Pi* dan meminimalisir *error* yang ada.

REFERENSI

- Harjunowibowo, D. 2010. *Perangkat Lunak Deteksi Uang Palsu Berbasis LVQ Memanfaatkan Ultraviolet*. Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Sebelas Maret.
- Wicaksono D , Dawud G. 2008. *Perangkat lunak identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan jaringan syaraf tiruan*

- back propagation*. Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia
- Majid, A. 2012. Pengenalan Webcam <http://idkf.bogor.net/yuesbi/e-DU.KU/edukasi.net/SMK/TIK/Webcam/>, diakses tanggal 10 September 2014.
- Sutoyo, T, dkk. 2009, “*Teori Pengolahan Citra Digital*”, Penerbit Andi, Yogyakarta Hal 9 - 27.
- Gonzales, Rafael C, Woods, Richard E, “*Digital Image Processing*”, Prentice- Hall Inc., 2ndEdition, 2002
- Nugroho, Aulia F , 2011, “*Implementasi Teknik Kompresi Video Dengan Algoritma Discrete Cosine Transform Pada Perangkat Bergerak*”, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. hal 42 – 67.
- Basuki, A. 2007. *Pengantar Pengolahan Citra*. PENS-ITS Surabaya.
- Wahyono, Eko S, dan Ernastuti. 2009. *Identifikasi Nomor Polisi Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Buatan Learning Vector Quantization*. Jurusan Teknik Informatika Universitas Gunadarma.
- Meita S, Albert J . 2006 . *Pengenalan Uang Kertas Dollar Amerika Dengan Metode Template Matching*.Jurusan Teknik Informatika Universitas Bina Nusantara.
- Alexander M , Abid K . 2013. *Template Matching*. http://OpenCV-python-tutorials.readthedocs.org/en/latest/py_tutorials/py_imgproc/py_template_matching/py_template_matching.html. diakses tanggal 13 September 2014
- Pramana, Indra, dkk.2011.*Tracking Object Menggunakan Metode Template Mtaching Berbasis Stereo Vision*. Jurusan Telekomunikasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).Surabaya.
- Elecia, 2014. *Raspberry Pi Model B+* <http://www.element14.com/community/community/raspberry-pi/raspberry-pi-bplus/blog/2014/07/14/welcome-to-the-b>, diakses tanggal 12 September 2014