

DETEKSI FOTO KOMPOSIT BERDASARKAN PERBANDINGAN PANTULAN CAHAYA PADA MATA DENGAN PENDEKATAN PIXEL-BASED

Prastyawan Aji Nugraha, Rimba Whidiana Ciptasari, Bambang Pudjoatmojo

Fakultas Informatika, Universitas Telkom (Prastyawan Aji Nugraha)

email: prastyawan.aji@gmail.com

Fakultas Informatika, Universitas Telkom (Rimba Whidiana Ciptasari)

email: rimbawh@gmail.com

Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom (Bambang Pudjoatmojo)

email: b.pudjoatmodjo@gmail.com

Abstract

*There are several types of photo manipulation. For example, combining objects from different sources into a single image which is often referred to as **photo composite**. One of outstanding work dealing with photo composite has been developed by Micah K. Johnson and Hany Farid. They estimated the light source through the reflection specular highlights recorded on the eyes.*

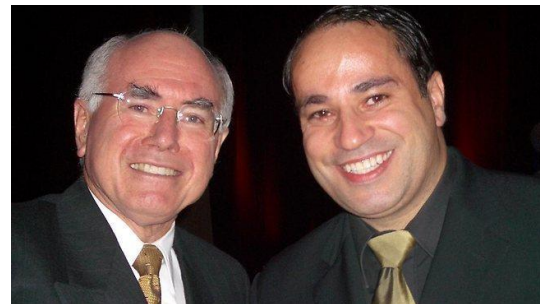
Our proposed work exploits different approach which is pixel-based, to detect photo composite. Our method contains comparative characteristics of the amount of reflected light using EulerNumber, the reflection area using outer line capturing, and the formation of light between objects recorded in the human eye in an image by comparing the distance between the reflection of light. The experimental result described that the accuracy of the proposed work reach 98% depicted by ROC curve with Area Under ROC Curve (AUC) reach 0.9304. The results fall into Excellent Classification.

Keywords : Image Forensics, Specular Highlight, Digital Forensics, Composites Image.

1. PENDAHULUAN

Citra digunakan sebagai media untuk menyampaikan informasi secara visual dari suatu kejadian atau peristiwa. Hal ini sangatlah bermanfaat terlebih untuk memberikan gambaran secara nyata akan suatu berita atau peristiwa. Manipulasi citra merupakan proses merubah gambar / citra asli untuk menciptakan efek yang lebih luas [2]. Manipulasi citra sendiri telah ada bahkan lebih dari 100 tahun yang lalu [13]. Namun demikian, manipulasi citra / foto merupakan hal tabu untuk para penyedia berita [11]. Dalam praktiknya teknik untuk memanipulasi citra terutama foto sering disalahgunakan untuk kepentingan tertentu, sebagai contoh untuk memberikan suatu informasi palsu dan provokasi yang dapat merugikan individu [3], seperti kasus Dimitri de Angelis (Gambar 1.1) yang menipu para investornya hingga 8.5 juta dollar dengan cara meyakinkan mereka dengan foto-fotonya dengan orang penting dunia yang diedit menggunakan photoshop [1]. atau suatu

kelompok tertentu bahkan untuk tindakan kriminal [12]. Sehingga perlu adanya metode untuk dapat mendeteksi keautentikan foto untuk mengurangi adanya kesalahan persepsi dalam menyikapi suatu berita.



Gambar1.1 Foto manipulasi Dimitri de Angelis bersama Prime Minister John Howard (Source : <http://www.dailytelegraph.com.au/photoshop-friends-and-fraud-charges-against-alleged-conman-dimitri-de-angelis/story-e6freuy9-1226243948011>)

Manipulasi foto memiliki berbagai macam jenis, salah satunya ialah foto komposit yang merupakan penggabungan dua atau lebih objek manusia yang berasal dari foto berbeda ke dalam satu foto [6]. Banyak metode yang

digunakan untuk mendeteksi manipulasi foto khususnya foto komposit seperti berdasarkan pada ketidakkonsistenan bayangan [4] dan *camera's principle point* [6]. Namun, dalam praktiknya anggota tubuh yang juga menjadi objek dalam foto sangat jarang digunakan sebagai parameter untuk mengukur keautentikan foto, seperti contoh adalah organ tubuh mata yang dapat digunakan sebagai parameter keautentikan foto [7]. Mata dapat merekam refleksi cahaya dari flash kamera ataupun sumber cahaya lain yang ada pada lingkungan lokal saat foto diambil. Jika suatu foto merupakan hasil manipulasi komposit, sedikitnya sepasang mata seorang manusia yang berada dalam foto akan memiliki informasi pantulan cahaya yang berbeda karena memiliki latar waktu, tempat dan sumber cahaya yang berbeda dalam pengambilan gambar sehingga pantulan cahaya yang terekam pada mata akan berbeda pula.

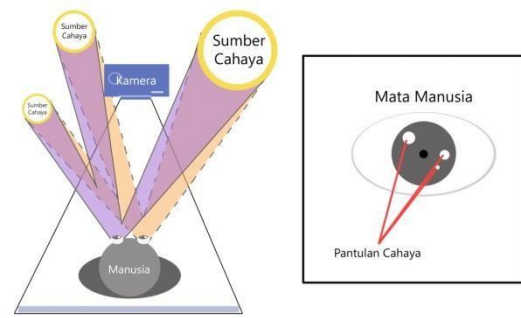
Telah ada sebuah metode yang menggunakan parameter mata untuk menentukan keautentikan citra, diantaranya dengan cara mengekspos pemalsuan digital berdasarkan pantulan cahaya pada mata [7], metode ini mendeteksi arah sumber cahaya dari sudut pandang 3D dari pantulan cahaya mata yang terekam. Metode ini memiliki tingkat keberhasilan lebih dari 90%.

Seperti yang telah dijelaskan bahwa pantulan cahaya mata dapat menjadi parameter dalam mendeteksi foto komposit, maka dalam tugas akhir ini digunakanlah parameter karakteristik pantulan cahaya mata pada mata, dengan menggunakan pendekatan *pixel-based* berupa perbandingan matriks.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Specular Highlights

Merupakan representasi dari pantulan cahaya yang terefleksikan pada mata. Suatu foto biasanya memiliki sumber cahaya tertentu yang digunakan sebagai penerangan. Sumber cahaya ini yang akhirnya terpantul dan terekam dalam bola mata manusia yang terdapat dalam foto tersebut. Inkonsistensi dari pantulan cahaya dari mata yang berbeda yang termasuk bentuk dan warna dari pantulan cahayanya dapat digunakan untuk mengetahui keaslian citra [9].



Gambar 2.1 Konsep deteksi menggunakan pantulan cahaya

Setiap foto autentik memiliki karakteristik pencahayaan yang berbeda berdasarkan waktu, tempat dan pengaturan cahaya (jika dibutuhkan). Dan setiap sumber cahaya yang saling berhadapan dengan suatu objek manusia akan tersimpan menjadi pantulan cahaya yang terekam tiap pada bola mata (Gambar 2.3).

Pantulan cahaya merupakan suatu parameter yang dapat dijadikan suatu acuan untuk melakukan pengujian keaslian citra dan hal ini telah berhasil dibuktikan dan memiliki tingkat akurasi yang baik [9]. Pada paper tersebut digunakan estimasi sudut pandang 3D untuk memperkirakan arah datangnya cahaya berdasarkan pantulan cahaya yang terekam pada mata.

Pada tugas akhir ini dilakukan perbandingan matriks yang lebih sederhana berbasis 2D, dengan cara membandingkan susunan matriks dari tiap pantulan cahaya yang terekam pada mata tiap objek dengan menggunakan 3 buah parameter, berupa jumlah cahaya, ukuran serta formasi dari pantulan cahaya.

2.2 Haar Cascade Classifier

Haar Cascade Classifier merupakan sebuah fitur face detector yang umum digunakan di OpenCv. Classifier menggunakan data yang disimpan pada file XML untuk memutuskan bagaimana cara mengkalsifikasi tiap lokasi citra [13] [14].

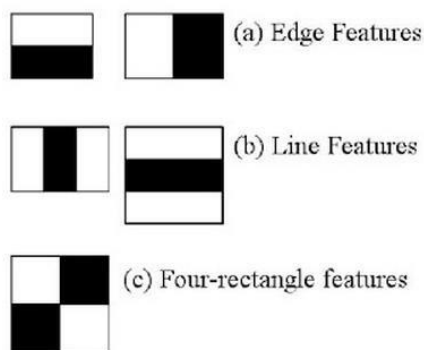
Secara umum, Haar-like feature digunakan untuk mendeteksi objek pada *digital image*. Nama Haar merujuk pada suatu fungsi matematika (*Haar Wavelet*) yang berbentuk kotak, prinsipnya sama seperti pada fungsi Fourier [15]. Awalnya pengolahan gambar dilakukan hanya dengan melihat nilai RGB setiap pixel, namun metode ini tidaklah efektif. Viola dan Jones kemudian mengembangkannya sehingga terbentuk Haar-like feature [16]. Haar-like feature memproses gambar dalam kotak-kotak, dimana dalam satu

kotak terdapat beberapa pixel. Tiap kotak tersebut kemudian diproses dan didapatkan perbedaan nilai (*threshold*) yang menandakan daerah gelap dan terang. Nilai-nilai inilah yang nantinya dijadikan dasar dalam image processing.

OpenCv face detector menggunakan metode Paul-Viola dan Michael Jones yang melakukan pendekatan untuk mendeteksi objek dengan menggabungkan 4 konsep :

1. Fitur rectangular sederhana yang disebut dengan fitur Haar
2. Integral image untuk deteksi fitur yang cepat
3. Metode machine learning AdaBoost
4. Sebuah pengklasifikasian cascade untuk mengkombinasikan banyak fitur secara efisien.

Fitur yang digunakan oleh Viola dan James menggunakan bentuk gelombang Haar. Bentuk gelombang Haar ialah sebuah gelombang kotak (Gambar 2.2). Pada 2 Dimensi,, gelombang kotak ialah pasangan persegi yang bersebelahan, 1 terang dan 1 gelap.



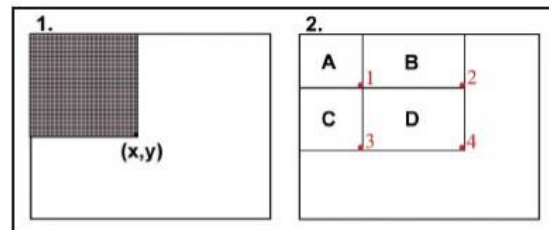
Gambar 2.2 Haar-like feature (Source : http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tutorials/py_objdetect/py_face_detection/py_face_detection.html)

Haar ditentukan oleh pengurangan pixel rata-rata daerah gelap dari rata-rata daerah terang. Jika perbedaan diatas *threshold* (diset selama learning), fitur tersebut dikatakan ada.

Untuk menentukan ada atau tidaknya Haar feature di setiap lokasi image/ gambar, Viola dan Jones menggunakan teknik yang disebut Integral Image.

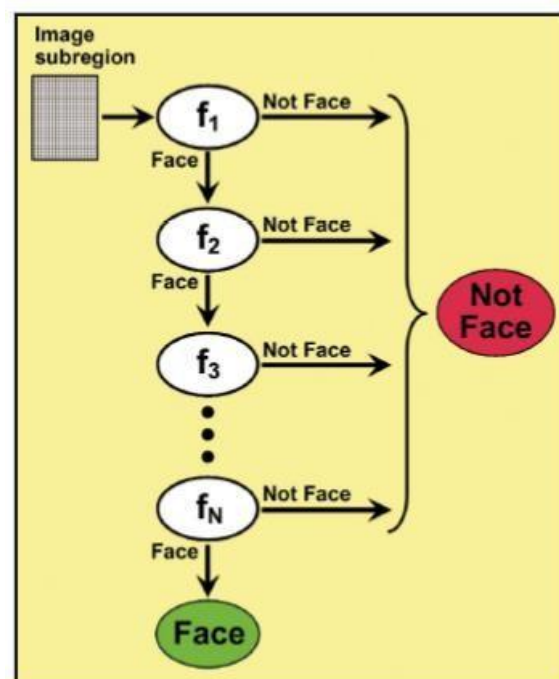
Umumnya integral menambahkan unit kecil secara bersamaan, dalam hal ini unit kecil ini disebut dengan nilai dari pixel. Nilai dari integral / *integral value* pada masing-masing pixel

merupakan penjumlahan dari semua pixel di atas dan di sebelah kirinya. Dimulai dari kiri atas hingga kanan bawah, image / citra dapat diintegrasikan sebagai operasi matematika per pixel (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Konsep penghitungan integral image (Source : <http://www.bantronix.com/2011/10/face-recognition.html>)

Untuk memilih fitur Haar yang digunakan dan untuk merubah nilai threshold, Viola dan Jones menggunakan metode machine-learning yang disebut AdaBoost. AdaBoost menggabungkan banyak *classifier* untuk membuat satu classifier. Masing-masing classifier menetapkan suatu bobot, dan gabungan dari bobot inilah yang kemudian akan membentuk kesatuan classifier yang kuat.



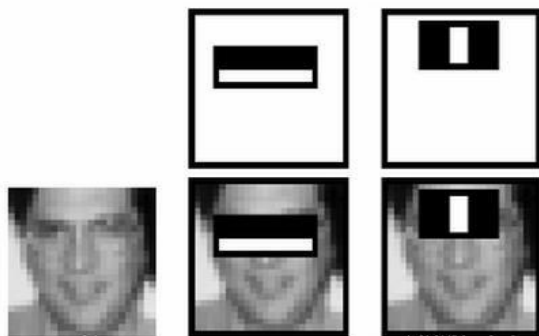
Gambar 2.4 Proses cascade classifier (Source : http://www.cognotics.com/opencv/servo_2007_series/part_2/sidebar.html)

Viola dan Jones menggabungkan serangkaian AdaBoost classifier sebagai rantai filter / *filter chain*. Masing-masing filter merupakan AdaBoost classifier yang terpisah dengan jumlah weak classifier yang sedikit dan sama.

Filter pada masing-masing level dilatih untuk mengklasifikasikan gambar yang sebelumnya telah difilter (Training set merupakan database dari wajah). Selama penggunaannya jika satu dari filter-filter tersebut gagal, image region / daerah pada gambar diklasifikasikan sebagai

“Bukan Wajah” (Gambar 2.4). Saat filter berhasil melewati *image region*, *image region*

kemudian masuk pada filter yang selanjutnya. *Image region* yang berhasil melalui seluruh filter yang ada akan dianggap sebagai “Wajah”.



Gambar 2.5 Contoh pencarian dengan haar-like feature (Source : http://docs.opencv.org/trunk/doc/py_tutorials/py_objdetect/py_face_detection/py_face_detection.html)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Formulasi Permasalahan

Berikut ini merupakan formulasi permasalahan dari sistem deteksi foto komposit :

Dilakukan tinjauan terhadap sebuah set citra berwarna $\bar{I}$, dimana $I \in \bar{I}$ mempunyai matriks $N \times M \times 3$, dengan masukan bernilai integer $[0,255]$. Setiap I berisi n objek manusia $\mathbb{O} = \{\mathbb{O}_1, \mathbb{O}_2, \dots, \mathbb{O}_n\}$. Dan setiap objek manusia memiliki sepasang mata $\mathbb{E} = (\mathbb{E}_1, \mathbb{E}_2)$ dengan pantulan cahaya pada mata $p \rightarrow \mathbb{E}$.

Dalam pengamatan yang dilakukan, citra autentik yang sedikitnya memiliki dua objek manusia memiliki karakteristik bentuk yang sama pada pantulan cahaya yang terekam pada mata. Karakteristik sumber cahaya yang terekam berupa jumlah cahaya, bentuk serta pola $\mathbb{E} = \{\mathbb{E}_1, \mathbb{E}_2\}$. Dari hal tersebut, keaslian dari citra dapat kita lakukan dengan cara membandingkan karakteristik bentuk cahaya pada area mata antar objek.

Definisi Foto Autentik

Foto autentik adalah foto dengan kesamaan karakteristik di tiap pantulan cahaya mata di tiap objeknya $\mathbb{E}_1 = \mathbb{E}_2$. Jika karakteristik dari

jumlah pantulan cahaya pada tiap objek tidak sama $\mathbb{E}_1 \neq \mathbb{E}_2$ maka foto tersebut tidak autentik, dan apabila sama $\mathbb{E}_1 = \mathbb{E}_2$ maka proses pertama selesai kemudian dilanjutkan pada karakteristik ukuran C_b . Jika karakteristik ukuran pantulan cahaya mata antar objek tidak

sama $\mathbb{E}_1 \neq \mathbb{E}_2$ maka foto tersebut tidak

autentik, dan apabila sama $\mathbb{E}_1 = \mathbb{E}_2$ maka proses kedua selesai kemudian dilanjutkan pada karakteristik formasi C_f . Jika karakteristik formasi pantulan cahaya mata tidak sama $\mathbb{E}_1 \neq \mathbb{E}_2$ maka foto tersebut tidak autentik, apabila $\mathbb{E}_1 = \mathbb{E}_2$ maka foto tersebut merupakan foto yang autentik.

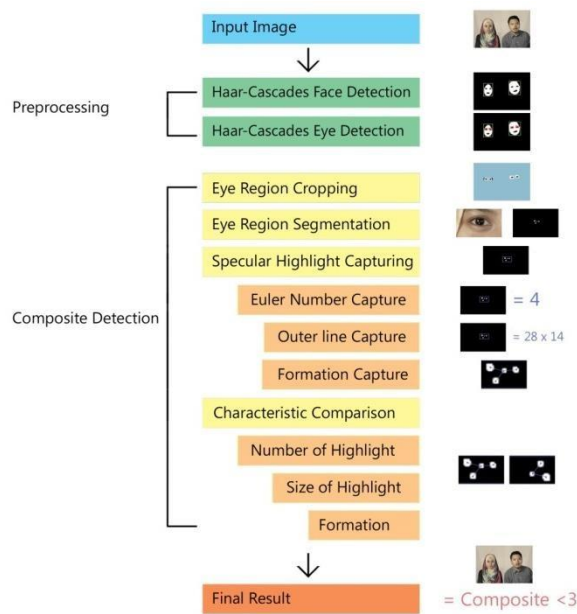
Dari penjelasan diatas diperlukan suatu sistem yang mampu memenuhi ketentuan untuk mendapatkan karakteristik dari pantulan cahaya mata serta membandingkannya.

Secara garis besar terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan oleh sistem ini, diantaranya adalah :

1. Menerima masukan sebuah file citra dengan ekstensi jpg, sebagai citra inputan.
2. Melakukan pengolahan citra sehingga didapatkan *Region of Interest* yaitu area mata.
3. Melakukan pengolahan citra tahap lanjut untuk mendapatkan informasi karakteristik dari pantulan cahaya pada mata.
4. Mengeluarkan output berupa hasil perbandingan terhadap karakteristik pantulan cahaya mata yang terbaca dan menentukan apakah citra masukan tersebut merupakan citra komposit atau citra autentik.

3.2 Model dan deskripsi sistem

Dengan diawali oleh *input image* sebagai masukan dari sistem, sistem ini menggunakan 2 tahapan untuk mendeteksi citra komposit yaitu proses *preprocessing* yang merupakan proses awal berisi *Haar Cascade face detection* dan *Haar Cascade eye detection* yang digunakan untuk mengidentifikasi koordinat wajah dan mata objek manusia dalam suatu citra. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan proses *composite detection* yang berisi inti dari sistem yang digunakan untuk menangkap karakteristik dari pantulan cahaya pada mata dan membandingkan antar objek manusia yang ada dalam citra tersebut. Gambaran sistem secara umum dapat dilihat pada (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Gambaran umum sistem

3.2.1 Input Image

Proses ini merupakan bagian awal dari pendeteksian yaitu berupa masukan foto acuan dalam sistem. Citra yang diinputkan berupa citra berwarna berformat .jpg dan memiliki ketentuan:

1. Foto atau citra yang dideteksi merupakan foto berisi dua atau lebih manusia
2. Postur manusia dalam foto haruslah tampak depan
3. Setiap organ mata dari objek manusia dalam foto yang dideteksi harus tanpa halangan oleh objek-objek tertentu
4. Setiap organ mata dari objek manusia harus terbuka / terlihat bola matanya
5. Warna kulit dari foto acuan haruslah warna alami dan bukan warna kulit yang gelap
6. Mata pada objek manusia haruslah memiliki pantulan cahaya

3.2.2 Preprocessing

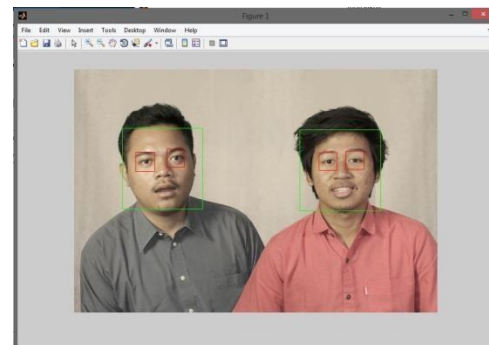
Proses preprocessing berisi dua buah tahap yang dijalankan secara seri, berupa deteksi wajah dengan menggunakan metode Haar Cascade Face Detection, dan deteksi mata menggunakan metode Haar Cascade Eye Detection. Proses preprocessing ini bertujuan untuk mendapatkan area mata dari tiap-tiap wajah yang terdeteksi dalam suatu citra (Gambar 3.2).

A. Haar Cascade Face Detection

Tahapan preprocessing pertama ialah deteksi wajah, deteksi wajah dilakukan untuk mendukung proses deteksi mata. Dengan menerapkan deteksi wajah, maka dapat dilakukan *thresholding* dalam pendeteksian mata untuk mencegah adanya error serta kemudahan untuk mengorganisir objek-objek mata pada tiap wajah manusia dalam suatu citra. Deteksi wajah pada sistem ini menggunakan metode Haar Cascade Classifier dan menghasilkan koordinat dari wajah yang terdeteksi.

B. Haar Cascade Eye Detection

Tahapan kedua ialah deteksi mata. Setelah sebelumnya telah dilakukan deteksi pada wajah dan menghasilkan koordinat area wajah, maka dengan asumsi bahwa dalam suatu wajah hanya memiliki satu pasang mata maka akan memperkecil area seleksi dan error dalam identifikasi mata dapat terhindari. Haar Cascade Classifier kembali diterapkan untuk mengidentifikasi area mata. Dengan menerapkan metode ini, akan dihasilkan koordinat dari tiap mata yang terdeteksi.

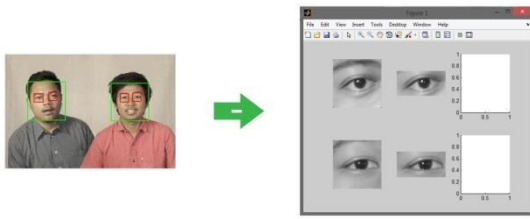


Gambar 3.2 Pengaplikasian Haar Cascade Classifier

3.2.3 Composite Detection

Composite Detection merupakan proses inti dimana dalam proses ini dilakukan *cropping* terhadap area mata yang berhasil terdeteksi, proses segmentasi dari area mata yang bersangkutan, proses specular highlight capturing yang mencakup Euler number capture, outer line capture dan formation capture yang kemudian dilanjutkan dengan proses perbandingan dari informasi yang telah didapatkan tersebut.

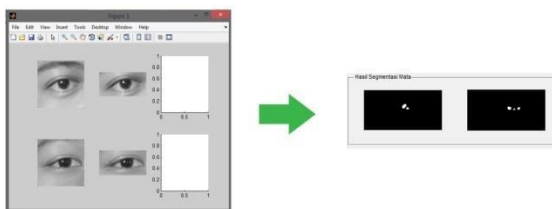
A. Eye Region Cropping



Gambar 3.3 Pengaplikasian Region Cropping

Proses ini merupakan proses *cropping* area mata yang telah terdeteksi. Seperti yang tertera pada (Gambar 3.3), dengan asumsi bahwa mata kanan dan mata kiri objek $E = (E_r, E_l)$ memiliki karakteristik pantulan cahaya mata yang sama $p \rightarrow E$, maka diambil mata kanan dari tiap objek sebagai parameter kunci dari proses forensik ini untuk selanjutnya dilakukan proses segmentasi.

B. Eye Region Segmentation



Gambar 3.4 Pengaplikasian Eye Region Segmentation

Proses segmentasi bertujuan untuk memisahkan area pantulan cahaya dan non-pantulan cahaya mata (Gambar 3.4). Proses ini memiliki beberapa tahapan, diantaranya :

1. *Rescale* ukuran dari area mata
Proses *rescale* dilakukan untuk mendapatkan ukuran optimal dari area mata agar proses pemisahan area pantulan cahaya dengan area non-pantulan cahaya lebih optimal. Dengan menerapkan proses ini, maka bagian alis mata dapat disterilkan.
2. Konversi RGB ke *grayscale*
Proses ini dilakukan sebagai proses perantara untuk dapat menghasilkan *binary image*.
3. Konversi *grayscale* ke binary image
Proses ini merupakan tahapan dimana area mata dikonversi menjadi hitam dan putih.
4. *Delete* area non-pantulan cahaya mata
Proses ini diawali dengan penyortiran menurut luas area warna putih secara *Descending (Max-to-min)*, dimana diasumsikan bahwa area warna putih dengan luas paling besar merupakan area non-

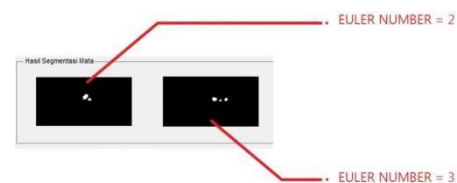
pantulan cahaya. Kemudian pada area tersebut dilakukan pengubahan nilai menjadi 0 (hitam). Proses ini menghasilkan suatu citra olahan dimana hanya area pantulan cahaya saja yang berwarna putih.

C. Specular Highlight Capturing

Proses ini bertujuan untuk menangkap informasi karakteristik dari tiap pantulan cahaya yang berupa jumlah, ukuran area serta formasi $C = \{C_1, C_2, C_3\}$. Proses ini memiliki beberapa tahapan, diantaranya ialah :

1. EulerNumber capture

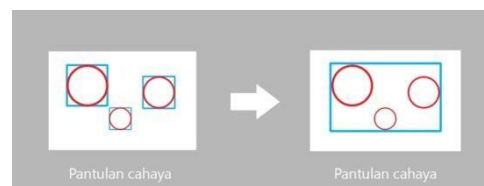
Tahap ini adalah tahapan untuk menangkap informasi jumlah cahaya, fitur euler number menangkap informasi lubang-lubang yang terdapat dalam suatu area menghitung jumlah lubangnya dan menyimpan informasi dalam bentuk satuan angka yang kemudian disimpan untuk dapat dibandingkan nantinya (Gambar 3.5).



Gambar 3.5 Pengaplikasian EulerNumber

2. Outer line capture

Tahapan ini merupakan tahap yang bertujuan untuk menghasilkan ukuran area dari area pantulan cahaya yang terbentuk. Menggunakan fitur *boundingbox* yang dikombinasikan antar cahaya untuk mendapatkan koordinat dari titik-titik terluar area cahaya pada mata (Gambar 3.6).

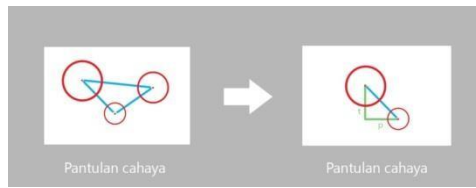


Gambar 3.6 Konsep Outerline capturing

3. Formation capture

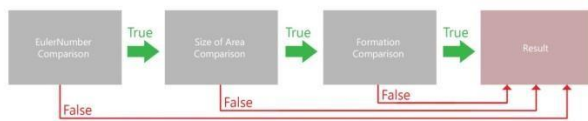
Merupakan tahapan terakhir yang digunakan untuk mencari kesamaan pola formasi dari tiap-tiap pantulan cahaya. Dengan menggunakan pendekatan pythagoras titik-titik tengah dari tiap cahaya dihubungkan (Gambar 3.7) kemudian dicari selisih tinggi dan panjang pada tiap-tiap titik yang

terhubung informasi ini yang kemudian disimpan untuk dibandingkan dengan pantulan cahaya pada objek lainnya.



Gambar 3.7 Konsep Formation capturing

D. Specular Highlight Characteristics Comparison



Gambar 3.8 Perbandingan karakteristik secara seri

Proses ini merupakan proses perbandingan tiap karakteristik dari pantulan cahaya yang terdeteksi berupa perbandingan karakteristik jumlah cahaya, karakteristik ukuran cahaya, karakteristik formasi cahaya. Perbandingan dilakukan secara seri (Gambar 3.8), diawali oleh perbandingan jumlah cahaya, kemudian apabila kondisi terpenuhi maka dilakukan perbandingan ukuran dari area cahaya dan apabila kondisi terpenuhi maka akan dilanjutkan pada perbandingan formasi cahaya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Skenario pengujian

Tujuan dari dilakukannya pengujian sesuai dari sistem ini adalah untuk mengetahui ketahanan dan akurasi sistem terhadap skenario-skenario yang diujikan.

Setelah sistem dibuat dengan menerapkan fungsi-fungsi yang dibutuhkan, kemudian dilakukan pengujian terhadap dataset yang telah disediakan. Dataset merupakan kumpulan citra berjumlah 100 buah yang merupakan gabungan citra komposit dan autentik dengan dilakukan variasi terhadap situasi pengambilan gambar (*indoor* dan *outdoor*), dan jumlah dari objek yang terdapat dalam citra (2 orang dan 3 orang). Pengujian dilakukan dalam 3 skenario, diantaranya ialah :

1. Skenario pengujian berdasarkan jenis citra (komposit dan autentik)

Pada skenario pengujian ini dataset dikelompokkan menjadi 2 kategori yaitu komposit dan autentik, dimana ditiap

kategori dilakukan pengujian untuk mendeteksi keakuratan dari sistem. Citra berjenis komposit berisi bagian dari dataset sebanyak 79 buah, dan citra berjenis autentik sebanyak 21 buah.

2. Skenario pengujian berdasarkan jumlah objek yang terkandung dalam citra (2 orang dan 3 orang)

Pada skenario pengujian ini, dataset dikelompokkan menjadi 2 kategori yaitu 2 orang dan 3 orang. Kategori 2 orang berisi bagian dari dataset sebanyak 66 buah, dan kategori 3 orang sebanyak 34 buah.

3. Skenario pengujian berdasarkan latar pengambilan gambar (*indoor* / *outdoor*)

Pada skenario pengujian ini, dataset dikelompokkan menjadi 2 kategori yaitu *indoor* dan *outdoor*. Kategori *indoor* berisi bagian dari dataset sebanyak 91 buah, dan kategori *outdoor* sebanyak 9 buah.

Untuk menguji kehandalan sistem dilakukan pula pengujian rotasi geometrik yaitu pengujian dataset dengan melakukan perotasian pada citra dengan variasi derajat rotasi sebesar -30° , -15° , 15° , dan 30° . Batas besar derajat pada variasi rotasi ditentukan pada -30° dan 30° untuk menghindari terpotong/hilangnya sebagian atau seluruh area wajah pada objek manusia yang dapat menyulitkan proses identifikasi wajah.

Perosesan dimulai dengan mengambil 10 citra dengan keakuratan 100% dari dataset utama, dengan komposisi 5 citra random berjenis autentik dan 5 citra random berjenis komposit untuk setelahnya dilakukan rotasi sesuai dengan besaran derajat yang telah ditentukan , dataset ini kemudian berubah statusnya menjadi citra komposit (karena telah mengalami manipulasi berupa rotasi). Selanjutnya dilakukan proses pengelompokan dengan skenario sebagai berikut:

1. Skenario pengujian citra rotasi berdasarkan jenis citra (komposit dan autentik)
Pengujian ini menguji keseluruhan dari dataset rotasi yang digabung bersama 20 citra autentik.
2. Skenario pengujian citra rotasi berdasarkan pada besar derajat rotasi.
Pengujian ini dilakukan dengan mengelompokkan citra rotasi berdasarkan besar derajat rotasi yang dilakukan (-30° , -15° , 15° , dan 30°) dan digabung bersama 20 citra autentik.

4.2 Hasil Pengujian

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan suatu hasil

1. Pengujian berdasarkan jenis citra (*non-manual preprocessing*)
Pengujian ini memiliki tingkat akurasi sebesar :
Komposit $72 / 79 * 100 = 91,139\%$
Autentik $19 / 21 * 100 = 90,476\%$
2. Pengujian berdasarkan jumlah objek yang terkandung dalam citra (*non-manual preprocessing*)
Pengujian ini memiliki tingkat akurasi sebesar :
2 orang $64 / 66 * 100 = 96,969\%$
3 orang $27 / 34 * 100 = 79,411\%$
3. Pengujian berdasarkan latar pengambilan gambar (*non-manual preprocessing*)
Pengujian ini memiliki tingkat akurasi sebesar :
Indoor $83 / 91 * 100 = 91,208\%$
Outdoor $8 / 9 * 100 = 88,88\%$
4. Pengujian berdasarkan jenis citra (*with manual preprocessing*)
Pengujian ini memiliki tingkat akurasi sebesar :
Komposit $79 / 79 * 100 = 100 \%$
Autentik $19 / 21 * 100 = 90,476\%$
5. Pengujian berdasarkan jumlah objek yang terkandung dalam citra (*with manual preprocessing*)
Pengujian ini memiliki tingkat akurasi sebesar :
2 orang $66 / 66 * 100 = 100 \%$
3 orang $32 / 34 * 100 = 94,117\%$
6. Pengujian berdasarkan latar pengambilan gambar (*with manual preprocessing*)
Pengujian ini memiliki tingkat akurasi sebesar :
Indoor $90 / 91 * 100 = 98,901\%$
Outdoor $8 / 9 * 100 = 88,88\%$

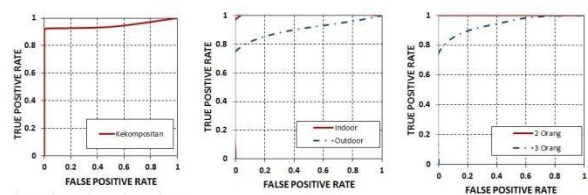
sesuai dengan skenario yang diujikan. Dari hasil pengujian yang didapatkan dilakukan penghitungan akurasi sebagai berikut :

Dari hasil yang didapatkan dari formulasi yang dilakukan, dilakukan analisa dan diperoleh hasil bahwa performansi sistem terbaik untuk kasus deteksi citra komposit adalah untuk citra berjenis komposit atau jumlah objek manusia dalam citra sebanyak 2 orang atau untuk citra dengan latar pengambilan gambar *indoor*.

Dilakukan pula pengolahan hasil akurasi dari dataset rotasi dengan fitur manual preprocessing. Hasil pengujian dari dataset rotasi diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Pengujian berdasarkan jenis citra
Pengujian ini memiliki tingkat akurasi sebesar :
Kompositan $40 / 40 * 100 = 100\%$
2. Pengujian berdasarkan jumlah objek yang terkandung dalam citra
Pengujian ini memiliki tingkat akurasi sebesar :
 15° $10 / 10 * 100 = 100\%$
 -15° $10 / 10 * 100 = 100\%$
 30° $10 / 10 * 100 = 100 \%$
 -30° $10 / 10 * 100 = 100 \%$

Hasil dari skenario-skenario yang telah diujikan kemudian diproses untuk dilakukan analisa menggunakan *Receiver Operating Characteristics Curve (ROC Curve)* dengan hasil sebagai berikut :

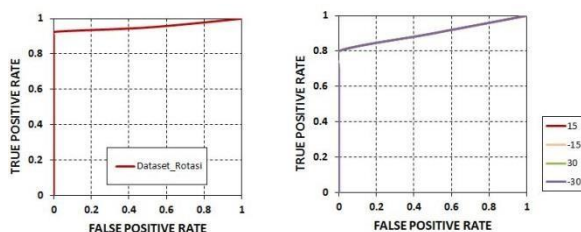


Gambar 0.1 ROC dataset utama (kiri), ROC menurut latar pengambilan gambar (tengah), ROC menurut jumlah objek (kanan)

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa dataset utama dapat dengan baik diproses menggunakan sistem pendeteksi foto komposit, dengan nilai *AUC (Area Under ROC Curve)* sebesar 0.9304 dengan jumlah data uji sebanyak 100 citra, dengan tingkat kategori klasifikasi *Excellent Classification*. Sedangkan untuk dataset dengan skenario latar pengambilan gambar diperoleh

hasil dengan nilai *AUC* sebesar 0.9733 (*indoor*) dengan jumlah data uji sebanyak 91 citra dan 0.7500 (*outdoor*) dengan jumlah data uji sebanyak 9 citra yang masuk ke dalam kategori klasifikasi *Excellent* dan *Fair Classification*. Dan untuk dataset dengan skenario jumlah orang diperoleh nilai *AUC* sebesar 1.000 (2 orang) dengan jumlah data uji sebanyak 66 citra dan 0.8571 (3 orang) dengan data uji sebanyak 34 citra yang masing-masing masuk kedalam kategori *Excellent Classification* dan *Good Classification*.

Dilakukan pula pengujian ROC pada dataset rotasi (Gambar 4.2). Dengan nilai *AUC* pada pada keseluruhan dataset sebesar 0.9375 dengan 60 citra uji dengan kategori klasifikasi *Excellent Classification*. Dan pengujian ROC pada dengan skenario derajat dengan nilai *AUC* pada kategori 15°, -15°, 30°, dan -30° keseluruhan masing-masing sebesar 0.85 dengan masing-masing sebanyak 30 citra uji.



Gambar 0.2 ROC dataset rotasi (kiri), ROC dataset rotasi skenario derajat (kanan)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian sistem yang dilakukan, dapat dihasilkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Metode pendeteksian foto komposit dapat dibangun menggunakan metode perbandingan karakteristik pantulan cahaya pada mata melalui pendekatan *pixel-based*. Metode ini dapat dibangun dengan hasil yang cukup memuaskan.
2. Sistem memiliki akurasi *naive* sebesar 98% dari 100 buah citra uji. Dengan analisa melalui ROC yang menghasilkan nilai 0.9304 yang masuk ke dalam kategori klasifikasi *Excellent Classification*. Dan sistem mampu diterapkan terhadap citra yang mengalami rotasi.

Dalam jangka waktu ke depan, diharapkan pengembangan sistem pendeteksi foto komposit berdasarkan karakteristik pantulan cahaya yang terekam pada mata dapat berkembang lebih baik lagi. Pada sistem ini ditemu berbagai keterbatasan, daiataranya seperti pendeteksian wajah dan mata yang rentan terhadap adanya perubahan geometri seperti rotasi, kegagalan dalam pengenalan wajah dan atau area mata pada objek, dan tidak bisa menjangkau kasus mata yang dihalangi oleh penghalang sepeti kacamata. Oleh karena itu, saran-saran yang digunakan untuk pengembangan sistem ini antara lain :

1. Perbaikan pada *preprocessing*, metode *haar cascade* dapat dibubuhi fitur rotasi sehingga dapat mengatasi adanya variasi rotasi dari citra seperti menerapkan suatu metode ekstraksi ciri yang invarian terhadap rotasi, yaitu *Scale-Invariant Feature Transform* (SIFT). Atau menggunakan metode *pre-processing* lain yang lebih handal untuk dapat mendeteksi area wajah dan mata seperti *Active Appearance Model* (AAM).
2. Dibuat suatu pemrosesan khusus untuk objek manusia berkacamata, seperti estimasi pantulan cahaya yang terdistorsi oleh adanya kacamata serta proses cropping dan segmentasi khusus.
3. Dataset ditambah dengan diimbangi oleh keanekaragaman faktor yang merata agar akurasi sistem dalam tiap kasus lebih terjamin.
4. Skenario pengujian sistem yang digunakan lebih variatif, seperti skenario menurut size image, menurut waktu pengambilan gambar, menurut warna kornea mata, menurut jenis kulit, ataupun gender dari objek manusia.
5. Dilakukan normalisasi terkait perhitungan jarak pada perbandingan ukuran area dan formasi pantulan cahaya sehingga besar skala gambar tidak berpengaruh terhadap perhitungan sistem.
6. Disarankan sistem dilengkapi dengan pengatur histogram sehingga sistem dapat memproses citra seperti apapun tanpa harus menyesuaikan komposisi *hue*, *saturation*, *lightness*, *level adjusment*, *curve adjustment* secara manual agar objek wajah dan mata dapat terbaca oleh sistem.

6. REFERENSI

- [1] Vanda Carson. (2013, March) The Daily Telegraph. [Online].
<http://www.dailytelegraph.com.au/photoshopped-conman-dimitri-de-angelis-jailed-seven-and-a-half-years/story-e6freuy9-1226588654929?nk=e20ec950aec8b9cf901d4f95c77cb7d7>
- [2] Diarzi. (2010, November) Romanistief "Manipulasi Citra(GAMBAR)". [Online].
<http://romanistief.wordpress.com/2010/11/18/manipulasi-citra-gambar/>
- [3] SWGIT. (2011, January) Crime Scene Investigator "Section 17 : Digital Imaging Technology Issues for the Courts". [Online]. <http://www.crime-scene-investigator.net/>
- [4] Ruang Kamera. [Online].
<http://ruangkamera.com/polemik-manipulasi-foto-di-dunia-jurnalistik/>
- [5] Bobby Eberle. (2013, February) Gopusa "Lawmaker get photoshopped wants to make it a crime". [Online].
<http://www.gopusa.com/theloft/2013/02/16/lawmaker-gets-photoshopped-wants-to-make-it-a-crime/>
- [6] John C Russ, *Forensics Uses of Digital Imaging.*, 2001.
- [7] Micah K Johnson and Hany Farid, *Detecting Photographic Composites of People*. Hanover, USA: Dartmouth College, 2007.
- [8] Micah K Johnson and Hany Farid, *Exposing Digital Forgeries Through Specular Highlights on the Eye*. Hanover, USA: Dartmouth College, 2007.
- [9] E. Kee, J O'Brien, and Hany Farid, *Exposing Photo Manipulation with Inconsistent Shadows.*, 2013.
- [10] Sendi Tri Anugrah, *Desain dan Implementasi Sistem Image Similarity Dengan Menggunakan Algoritma Genetika*. Bandung: Fakultas Informatika, Institut Teknologi Telkom, 2008.
- [11] Mohamad Aditya Rahman and Sigit Wasista, *Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Webcam Untuk Absensi Dengan Metode Template Matching*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2010.
- [12] Hany Farid. (2014, December) Hany Farid. [Online].
<http://www.cs.dartmouth.edu/farid/downloads/tutorials/digitalimageforensics.pdf>
- [13] Hadi Santoso and Agus Harjoko, *Haar Cascade Classifier dan Algoritma Adaboost untuk Deteksi Banyak Wajah dalam Ruang Kelas*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 2013.
- [14] Raga Mukti Alhaqqi, *Finger Tracking untuk Interaksi pada Virtual Keyboard*. Surabaya: Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, 2011.
- [15] Ronald Limowa. (2012, April) Gofat. [Online].
<https://gofat.wordpress.com/author/mowa91/>
- [16] Paul Viola and Michael Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple," in *Computer Vision and Pattern Recognition*, Cambridge, 2001, p. 9.
- [17] Priscila Saboia, Tiago Carvalho, and Anderson Rocha, *Eye Specular Highlights Telltales for Digital Forensics : A Machine Learning Approach*. Campinas, Brazil: University of Campinas (Unicamp), 2011.