

## PENENTUAN WILAYAH WAJAH MANUSIA PADA CITRA BERWARNA BERDASARKAN WARNA KULIT DENGAN METODE *TEMPLATE MATCHING*

Achmad Hidayatno \*), R. Rizal Isnanto \*), Dhody Kurniawan\*\*\*)  
 \*) Staf Pengajar Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
 \*\*) Mahasiswa Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
 Jl. Prof. Sudarto S.H., Tembalang, Semarang

### Abstrak

Penentuan wilayah wajah dalam citra digital telah mengalami perkembangan yang sangat berarti dalam dekade terakhir ini, dengan penerapannya pada berbagai bidang, misalnya dalam hal penyidikan, dan sampai dengan sekarang ini terus dilakukan penelitian ilmiah atas penentuan wilayah wajah ini. Meskipun penentuan wilayah wajah sangat mudah dikenali dengan penglihatan manusia, tetapi otomatisasi pengolahan pada komputer memerlukan berbagai macam teknik pengolahan citra.

Informasi warna kulit dan metode *template matching* digunakan dalam penelitian ini. Metode ini terdiri atas dua langkah pengolahan citra. Pertama, memisahkan wilayah kulit dengan wilayah bukan kulit. Kedua, menempatkan wajah model tampak depan di dalam wilayah kulit. Dalam langkah pertama, citra berwarna diubah menjadi citra kemungkinan kulit (citra aras keabuan). Citra ini mempunyai nilai keabuan yang menunjukkan suatu piksel mempunyai kemungkinan merupakan wilayah kulit. Kemudian citra kemungkinan kulit dibandingkan dengan pengembangan adaptif. Citra terambang ini merupakan citra biner, yang terdiri atas wilayah kulit dan wilayah bukan kulit. Selanjutnya dengan menggunakan metode *template matching*, ditentukan wilayah kulit tersegmentasi tersebut merupakan wilayah wajah atau bukan. Penelitian dilakukan dengan program bantu MATLAB 6.5.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan informasi warna kulit dan metode *template matching*, dapat mendeteksi wajah manusia dalam citra berwarna. Tingkat pengenalan wilayah wajah dengan tingkat keberhasilan 100% adalah sebesar 75%.

Kata-kunci: wajah model, wilayah kulit, wilayah wajah, *template matching*

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Penentuan wilayah wajah manusia telah menghasilkan suatu aplikasi yang semula dirasa sukar menjadi mungkin, seperti penyandian *video sequences*, *video conference* dan pengenalan atau identifikasi wajah. Yang paling utama pada penentuan daerah wajah adalah untuk menghasilkan suatu citra yang dapat digunakan untuk penyandian, manipulasi, pemodelan, pengenalan pola, dan untuk pencarian objek.

Metode pada penentuan daerah wajah ini adalah dengan memisahkan wilayah kulit (*skin region*) dengan wilayah bukan kulit (*non-skin region*). Setelah itu ditempatkan model citra wajah tampak depan pada wilayah kulit tersebut, yang akan menunjukkan apakah daerah kulit tersebut merupakan wilayah wajah, yang juga akan menghasilkan koordinat dari wilayah wajah. Dengan memakai koordinat ini, akan digambarkan segiempat pada citra warna asli yang merupakan hasil akhir dari penelitian ini.

#### 1.2 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang jauh dari permasalahan, maka penelitian ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut.

1. Pengenalan daerah wajah yang dilakukan adalah tampak depan, dengan maksimal terdapat dua citra wajah dalam sebuah citra berwarna.
2. Jenis citra yang digunakan adalah citra berwarna, dengan format JPEG.
3. Jenis pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengembangan adaptif.
4. Penelitian tidak menerapkan derau pada citra yang digunakan.
5. Simulasi pada penelitian ini menggunakan program bantu MATLAB 6.5.

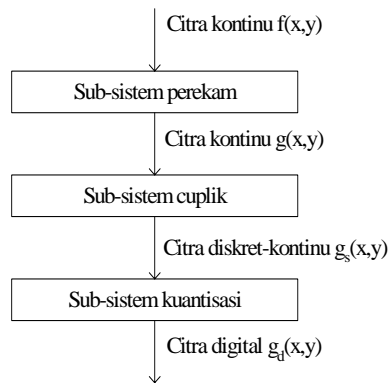
### 2. LANDASAN TEORI

#### 2.1 Sistem Penangkap Citra Digital

Citra digital dapat diperoleh secara otomatis dari sistem penangkap citra digital yang melakukan proses pencuplikan terhadap suatu objek tiga dimensi dan membentuk suatu matriks di mana elemennya menyatakan nilai intensitas cahaya. Pada Gambar 1 ditunjukkan suatu diagram sistem penangkap citra digital.

Fungsi  $f(x, y)$  adalah suatu citra dua dimensi yang kontinu dan direkam menjadi citra digital untuk diproses lebih lanjut dengan komputer. Fungsi  $g(x, y)$  adalah hasil rekaman sub-sistem sensor citra, dengan fungsi sebaran titik dari sensor

citranya adalah  $h(x, y)$ . Jadi  $g(x, y)$  adalah  $f(x, y)$  yang mengalami proses konvolusi. Fungsi  $g(x, y)$  adalah citra kontinu dan merupakan citra masukan pada sub-sistem cuplik (*sampling*), yang akan menghasilkan citra diskret-kontinu  $g_s(x, y)$ . Selanjutnya citra diskret-kontinu  $g_s(x, y)$  dilewatkan melalui pengubah analog-ke-digital (ADC) untuk memperoleh citra diskret-diskret  $g_d(x, y)$ .



Gambar 1. Diagram sistem penangkap citra digital.

## 2.2 Penapisan

### Penapisan citra secara linear

Proses penapisan citra yang bersifat spasial ini dapat dilakukan dengan menggunakan operator kernel yang elemennya terdiri dari faktor pembobotan yang menentukan nilai intensitas suatu piksel berdasarkan nilai intensitas piksel-piksel tetangganya. Proses yang termasuk dalam penapisan citra secara linear, yaitu tapis pelewat rendah dan tapis pelewat tinggi.

### Penapisan citra secara tak-linear

Proses penapisan citra secara tak-linear dapat dilakukan antara lain dengan dua cara. Cara yang pertama adalah dengan menggunakan tapis linear tetapi cara operasinya tidak terhadap setiap titik melainkan menurut misalnya suatu sumbu tertentu. Jadi mempunyai arah tertentu dalam operasinya. Cara yang kedua berdasarkan suatu nilai statistik pada sekelompok piksel, seperti median atau varians.

## 2.3 Deteksi Wajah dalam Citra

Citra yang berupa wajah adalah hal yang penting dalam interaksi antara manusia-komputer (*Human Computer Interaction/HCI*) berdasarkan penglihatan (*vision*). Tujuan dari deteksi wajah ialah untuk mengidentifikasi semua daerah citra yang mengandung sebuah wajah dengan tanpa

mengabaikan posisi tiga dimensi, arah, dan kondisi pencahayaan.

Definisi deteksi wajah (*face detection*) ialah apabila diberikan suatu citra yang berubah-ubah, maka deteksi wajah ialah akan menentukan apakah ada atau tidak wajah dalam citra tersebut, dan jika ada akan ditentukan lokasi dan luas dari citra wajahnya. Hal-hal yang mempengaruhi dalam deteksi wajah adalah: posisi, ada atau tidaknya komponen struktural, ekspresi wajah, keadaan tumpang tindih (*occlusion*), arah citra, dan kondisi citra.

## 2.4 Warna Kulit (*Skin Color*)

Warna kulit manusia telah digunakan dan terbukti merupakan ciri efektif yang digunakan dalam deteksi wajah. Meskipun tiap manusia mempunyai warna kulit yang berbeda-beda, perbedaan yang paling utama adalah pada intensitasnya dibandingkan dengan warnanya. Beberapa ruang warna digunakan untuk memberi label piksel-piksel sebagai kulit, antara lain yaitu RGB, HSV, YCbCr, dan CIE LUV.

RGB dalam citra berwarna tidak sesuai jika digunakan untuk melakukan karakterisasi warna kulit. Dalam ruang RGB, terdapat tiga buah komponen (merah-hijau-biru) yang tidak hanya menyajikan warna saja, tetapi juga luminansi atau kecerahan. Luminansi antara wajah tiap orang berbeda-beda karena perbedaan kondisi pencahayaan dan ini tidak sesuai jika digunakan untuk memisahkan daerah kulit dari daerah yang bukan kulit. Luminansi dapat dihilangkan dari tampilan warna di dalam ruang warna kromatik. Warna kromatik dikenal juga dengan sebagai warna asli tanpa adanya luminansi, yang dapat dilakukan dengan proses normalisasi berikut ini:

$$r = R/(R+G+B)$$

$$b = B/(R+G+B)$$

dengan  $R$ =komponen warna merah dari citra berwarna

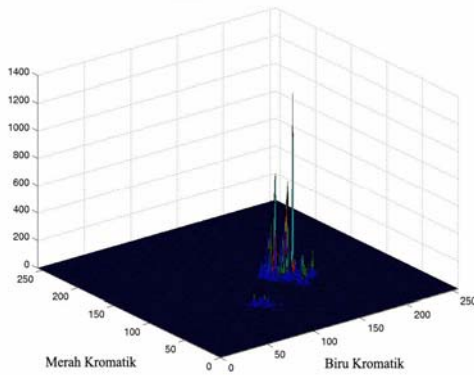
$G$  = komponen warna hijau dari citra berwarna

$B$  = komponen warna biru dari citra berwarna

$r$  = warna merah setelah normalisasi

$b$  = warna biru setelah normalisasi

Adapun untuk warna hijau setelah normalisasi ( $g$ ) merupakan redundan karena proses normalisasinya adalah  $r+g+b=1$ .



Gambar 2. Penyebaran warna kulit untuk bermacam orang.

Histogram warna pada Gambar 2 menunjukkan penyebaran warna kulit untuk bermacam-macam orang yang mengelompok dalam ruang warna kromatik. Penyebaran warna kulit tersebut dapat ditampilkan dengan model Gaussian,  $N(m,C)$ , sebagai:

$$\text{Rerata : } m = E(x), \text{ dengan } x = (r \ b)^T$$

$$\text{Kovarians : } C = E\{(x - m)(x - m)^T\}$$

Dengan menerapkan distribusi Gaussian pada model warna kulit, akan diperoleh kemungkinan kulit untuk sembarang piksel dari suatu citra, seperti terlihat pada Gambar 3. Oleh karena itu, jika ada sebuah piksel mengalami transformasi dari ruang warna RGB ke ruang warna kromatik, yang mempunyai sepasang nilai  $(r, b)$ , maka kemungkinan dari piksel ini dapat dihitung sebagai berikut:

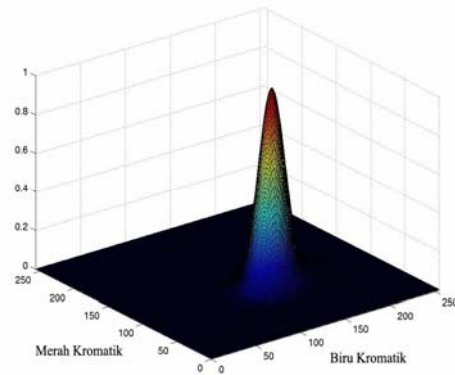
$$\text{Likelihood} = P(r, b) = \exp\left[-0,5(x - m)^T C^{-1}(x - m)\right]$$

dengan  $x = (r \ b)^T$

### 2.5 Segmentasi Kulit

Langkah pertama dalam algoritma deteksi wajah ialah dengan menggunakan segmentasi kulit untuk membuang sebanyak mungkin citra yang diindikasikan sebagai wilayah bukan kulit. Ada dua cara yang digunakan dalam mensegmentasi berdasar warna kulit, yaitu mengubah citra RGB ke ruang YCbCr atau ke ruang HSV.

Keuntungan utama dari mengubah citra ke ruang YCbCr ialah pengaruh luminansi dapat dihilangkan selama pemrosesan citra. Dalam ruang RGB, tiap komponen citra (merah, hijau, dan biru) mempunyai tingkat kecerahan yang berbeda-beda. Dengan demikian di dalam ruang YCbCr semua informasi tentang tingkat kecerahan diberikan oleh komponen Y, karena komponen Cb (biru) dan komponen Cr (merah) tidak tergantung dari luminansi.



Gambar 3. Penerapan distribusi Gaussian pada penyebaran warna kulit.

Berikut ini adalah langkah konversi citra RGB menjadi komponen Y, Cb, dan Cr.

$$Y = 0,257 * R + 0,504 * G + 0,098 * B + 16$$

$$Cb = 0,148 * R - 0,291 * G + 0,439 * B + 128$$

$$Cr = 0,439 * R - 0,368 * G - 0,071 * B + 128$$

### 2.6 Daerah Kulit

Daerah kulit didefinisikan sebagai daerah tertutup dalam suatu citra, yang dapat mempunyai 0, 1 atau lebih lubang (*hole*) di dalamnya. Batasan warnanya ditunjukkan oleh piksel dengan angka 1 untuk citra biner. Semua lubang di dalam citra biner mempunyai nilai piksel 0 (daerah hitam).

#### Jumlah lubang di dalam suatu daerah kulit

Jumlah lubang di dalam sebuah daerah dapat dicari dengan cara menghitung bilangan Euler dari daerahnya, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$E = C - H$$

dengan E = bilangan Euler

C = jumlah komponen terhubung

H = jumlah lubang di dalam sebuah daerah

#### Pusat massa

Untuk mempelajari daerah kulit, perlu untuk menentukan area dan pusat dari daerah kulit. Salah satu caranya ialah dengan menghitung pusat massa (*centroid*) dari daerah kulit. Pusat area dalam citra biner sama dengan pusat massa dan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m jB[i, j];$$

$$\bar{y} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m iB[i, j]$$

dengan B merupakan matriks dengan ukuran  $n \times m$  yang menyatakan daerah kulit dan A merupakan area piksel dalam daerah kulit.

**Arah**

Kebanyakan wajah yang digunakan dalam deteksi wajah berorientasi vertikal. Meskipun begitu, terdapat citra-citra dengan sedikit sudut kemiringan. Untuk mendapatkan kecocokan yang tinggi dalam memutar wajah model sesuai dengan sudut yang pas sesuai citra aslinya diperlukan suatu cara yang tepat. Kemiringan sudut  $\theta$  diberikan oleh rumus berikut.

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{b}{a - c}$$

dengan  $a = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x'_{ij})^2 B[i, j]$

$$b = 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x'_{ij} x'_{ij} B[i, j]$$

$$c = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y'_{ij})^2 B[i, j]$$

dan  $x' = x - \bar{x}$  ;  $y' = y - \bar{y}$

**Lebar dan tinggi wilayah kulit**

Penentuan lebar dan tinggi daerah kulit diperlukan untuk mengukur kembali wajah model sehingga mempunyai ukuran yang sama dengan lebar dan tinggi citra asli.

**2.7 Wajah Model**

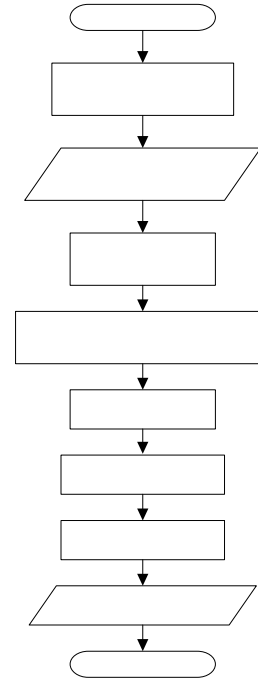
Salah satu karakteristik penting dalam penentuan wilayah wajah ialah digunakannya wajah model manusia untuk pengambilan keputusan akhir dari penentuan daerah kulit yang menampilkan suatu wajah. Penggunaan wajah model ialah untuk mendapatkan nilai korelasi silang antara wajah model dengan wilayah citra yang diindikasikan sebagai wilayah wajah.

**2.8 Template Matching**

Dalam *template matching*, pola wajah bakuan (biasanya tampak depan/*frontal*) ditetapkan terlebih dahulu secara manual oleh suatu fungsi. Diberikan citra masukan, nilai korelasi dengan pola bakuan dihitung untuk kontur wajah, mata, hidung, dan mulut secara bebas. Keberadaan sebuah wajah ditentukan berdasarkan nilai-nilai korelasi.

**3. PERANCANGAN PROGRAM**

Secara umum pembuatan program simulasi ini mengikuti diagram alir seperti Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir simulasi penentuan wilayah wajah manusia pada citra berwarna berdasarkan warna kulit dengan metode *template matching*.

**Proses Inisialisasi Warna Kulit**

Sebanyak 32 citra model warna kulit digunakan untuk memperoleh distribusi warna kulit manusia di dalam ruang warna kromatik. Citra model warna kulit ini diperoleh dari orang-orang dengan latar belakang etnik yang berbeda-beda: Asia (Indonesia, Melayu, Cina, India), Amerika/Eropa (kulit putih), dan Afrika (kulit hitam), dengan format JPEG.

**Masukan Citra Referensi**

Pada penentuan wilayah kulit ini, citra yang digunakan sebagai citra referensi adalah citra berwarna dengan format JPEG. Format JPEG ini dipilih karena ukuran berkas yang kecil, sehingga dapat diproses lebih cepat.

**Pembacaan Citra Referensi**

Pembacaan citra referensi diperlukan untuk mendapatkan data masukan yang selanjutnya akan diproses di dalam simulasi.

**Pengubahan Citra Referensi menjadi Citra Kemungkinan Kulit**

Citra kemungkinan kulit akan berupa citra aras keabuan, dengan nilai keabuan akan menyajikan kemungkinan suatu piksel merupakan bagian dari wilayah kulit.

## Pengembangan

Karena tiap-tiap orang mempunyai warna kulit yang berbeda-beda, maka diperlukan proses pengembangan adaptif (*adaptive thresholding*) agar diperoleh nilai yang optimal. Hasil dari proses pengembangan ini ialah citra hitam-putih (biner).

## Penentuan Wilayah Kulit

Langkah awal dalam penentuan wilayah kulit adalah dengan melabelkan wilayah-wilayah di dalam citra biner (citra segmentasi kulit). Selanjutnya akan dilakukan proses iterasi terhadap tiap-tiap wilayah yang ditemukan untuk menentukan apakah suatu wilayah kemungkinan suatu wajah atau bukan. Untuk dapat diproses lebih lanjut, suatu wilayah kulit setidaknya harus mempunyai sebuah lubang atau lebih di dalamnya. Jika jumlah lubang lebih besar atau sama dengan satu, maka dilakukan proses: (1) menghitung pusat massa; (2) menentukan arah; (3) menghitung lebar dan tinggi wilayah kulit; (4) menghitung nisbah tinggi terhadap lebar wilayah kulit; (5) membaca citra wajah model.

### Template Matching

Dalam proses *template matching* akan didapatkan nilai korelasi-silang (*cross-correlation value*) antara bagian dari citra yang menyatakan wilayah wajah dengan citra wajah model yang telah diproses.

### Deteksi Akhir

Dari proses pencocokan *template (template matching)*, akan didapatkan nilai koordinat dari citra aras keabuan yang wilayah wajah terdeteksinya diberi citra wajah model. Kemudian dengan menggunakan nilai koordinatnya, akan digambarkan koordinat segiempat pada citra referensi (citra berwarna).

## 4. HASIL PENGUJIAN

### 4.1 Pengujian

Parameter yang akan diuji dalam tugas akhir ini ialah citra referensi yang berupa citra berwarna (RGB), dengan format JPEG. Citra berwarna ini berjumlah 52 buah, yang terdiri atas citra orang Asia (Indonesia, Melayu, Cina, India), Amerika/Eropa (kulit kutih), dan Afrika (kulit hitam).

### 4.2 Hasil Pengujian

#### Jendela Program Utama

Jendela program utama merupakan jendela utama untuk perintah-perintah pengolahan citra. Jendela program utama ini merupakan program yang tersimpan dalam berkas **ProgramUtama.m**. Pada jendela ini tersedia menu tombol, menu pop-up, dan

teks-teks informasi tambahan yang kesemuanya itu merupakan bagian-bagian dari pengolahan citra.

### Inisialisasi Warna Kulit

Citra model warna kulit yang berjumlah 32, yang terdiri orang Asia (Indonesia, Melayu, Cina, India), Amerika/Eropa (kulit putih), dan Afrika (kulit hitam), telah dapat memisahkan wilayah kulit dengan wilayah bukan kulit dari citra berwarna yang digunakan sebagai basis-data dalam penelitian ini.

### Pembacaan Citra Referensi

Pembacaan citra referensi ini diperlukan agar citra digital dikenali sebagai matriks yang siap diolah untuk program selanjutnya. Contoh tampilan citra referensi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Citra referensi.

### Citra Kemungkinan Kulit

Hasil citra kemungkinan kulit akan menunjukkan bahwa wilayah kulit pada citra kemungkinan kulit mempunyai bagian yang lebih terang dibandingkan dengan wilayah lain yang ada dalam suatu citra. Contoh citra kemungkinan kulit dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Citra kemungkinan kulit.

### Citra Segmentasi Kulit

Citra tersegmentasi merupakan hasil dari proses pengembangan adaptif, berupa citra biner, dengan wilayah putih menunjukkan wilayah kulit dan wilayah hitam sebagai wilayah bukan kulit. Contoh tampilan dari citra segmentasi kulit dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Citra segmentasi kulit.

**Template Matching**

Proses *template matching* digunakan untuk mendapatkan nilai korelasi-silang antara wilayah kulit yang diindikasikan sebagai wilayah wajah dengan citra wajah model. Setelah sistem memutuskan bahwa wilayah kulit yang dicari berhubungan dengan wajah depan manusia, akan ditentukan sebuah citra baru (citra aras keabuan) dengan wilayah yang dinyatakan sebagai kulit wajah diganti dengan wajah model. Contoh hasil proses *template matching* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil proses *template matching*.

**Deteksi Akhir**

Proses pengolahan citra berakhir dengan diberikannya kotak inspeksi (segiempat merah) pada citra referensi, yang menunjukkan wilayah wajah terdeteksi. Contoh hasil dari deteksi akhir dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Deteksi Akhir.

Keseluruhan proses penentuan wilayah wajah terhadap 52 buah citra selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. PENENTUAN WILAYAH WAJAH TERHADAP KESELURUHAN CITRA BASIS-DATA

No	Nama Citra (Format JPEG)	Jumlah Objek Wajah	Jumlah Kotak Inspeksi	
			Objek Wajah	Objek Lain
1	Aji	1	1	0
2	Alan Smith	1	1	0
3	Bayi	1	1	2
4	Britney Spears	1	1	0
5	Couple	2	1	1
6	Dalma_cs	2	2	2
7	David Beckham	1	1	0
8	Davids	1	1	0
9	Deka	1	1	0
10	Del Piero	1	1	0
11	Desailly	1	1	0
12	Erik	1	1	0
13	Indi	1	1	0
14	India 1	1	1	0
15	India 2	1	1	0
16	Italy 1	2	2	0
17	Italy 2	2	2	0
18	Joe&Deka	2	1	1
19	John Dowdell	1	1	0
20	Jovita	1	1	0
21	Kaleb	1	1	1
22	Karen-and-Alf	2	0	0
23	LeBron	1	1	0
24	Lelaki Bule	1	1	0
25	Lelaki Cina 1	1	1	0
26	Lelaki Cina 2	1	1	0
27	Lia	1	1	0
28	Lucy Liu 1	1	1	0
29	Lucy Liu 2	1	1	1
30	Mawar	1	1	0
31	Nedved	1	1	0
32	Nia	1	1	0
33	Perempuan Bule	1	1	0
34	Perempuan Negro	1	1	0
35	Prita	1	1	0
36	Rifai&Cahyono	2	1	1
37	Rini	1	1	0
38	Romi	1	1	0
39	Schumacer	1	1	0
40	Serena&Venus 1	2	2	1
41	Serena&Venus 2	2	1	1
42	Serena&Mom	2	2	1
43	Shania Twain	1	1	0
44	Siti	1	1	0
45	Smile	1	1	0
46	Thuram	1	1	0
47	Tom Cruise	1	1	0
48	Tupac&friend	2	2	1
49	Usher&fans	2	2	0
50	Vieri&Materazi	2	0	0
51	Vika	1	1	0
52	Zalayeta	1	1	0

Berdasarkan Tabel 1, dari 52 buah data citra berwarna yang digunakan sebagai basis-data, terdapat pengenalan wajah dengan tingkat pengenalan 100% sebanyak 39 buah. Sehingga persentase keberhasilan dari program simulasi penentuan wilayah wajah pada citra berwarna ini dapat dihitung sebagai berikut.

$$\% \text{Keberhasilan} = \frac{\sum N_T}{\sum N_S} \times 100\% = \frac{39}{52} \times 100\% = 75\%$$

dengan  $\sum N_T$  merupakan jumlah citra dengan tingkat pengenalan 100% dan  $\sum N_S$  merupakan jumlah citra keseluruhan.

Dengan menggunakan sebanyak 52 citra berwarna untuk menguji kinerja sistem simulasi penentuan wilayah wajah manusia pada citra berwarna berdasarkan warna kulit dengan menggunakan metode *template matching*, didapatkan tingkat keberhasilan penentuan wilayah wajah sebesar 75%.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari Penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Citra-citra model warna kulit yang digunakan dapat diadaptasikan pada warna kulit yang berbeda-beda dan dapat memisahkan wilayah kulit dengan wilayah bukan kulit.
2. Penentuan wilayah wajah berdasarkan warna kulit dan dengan menggunakan metode *template matching* dapat menentukan wilayah wajah manusia pada citra berwarna dengan ras yang berbeda-beda, yaitu Asia, Amerika/Eropa (kulit putih), dan Afrika (kulit hitam).
3. Kebanyakan kesalahan dalam proses segmentasi wilayah kulit adalah karena terdapatnya wilayah-wilayah yang memiliki keserupaan dengan nilai kemungkinan kulit, seperti warna pakaian yang dikenakan ataupun warna latar belakang. Selain itu bagian-bagian tubuh lain, seperti tangan ataupun leher yang terbuka menyebabkan wilayah tersebut dikenali sebagai wilayah kulit wajah.
4. Dalam beberapa kasus, kesalahan dalam proses penentuan wilayah wajah disebabkan oleh penetapan batasan untuk jumlah lubang (*hole*) yang lebih besar atau sama dengan satu yang akan diproses lebih lanjut dalam proses penentuan wilayah wajah, sehingga setiap wilayah kulit yang mempunyai jumlah lubang lebih dari atau sama dengan satu, akan mempunyai kemungkinan besar terdeteksi sebagai wilayah wajah, meskipun wilayah tersebut sebenarnya bukanlah merupakan wilayah wajah.

## 5.2 Saran

1. Pada penelitian ini digunakan metode pencocokan *template (Template Matching)* untuk menentukan wilayah wajah manusia pada citra berwarna. Untuk penelitian lanjutan, dapat digunakan metode lain, misalnya Jaringan Syaraf Tiruan (JST), Model Markov Tersembunyi (*Hidden Markov Model/HMM*), dan Wajah-eigen (*Eigenface*). Kemudian dapat pula dijadikan sebagai bahan perbandingan untuk semua metode tersebut.
2. Penelitian ini dibatasi pada penentuan wilayah wajah dari tampak depan (*frontal*) wajah manusia. Untuk penelitian lanjutan, dapat digunakan posisi lain, misalnya tampak samping.
3. Setelah wilayah wajah dapat terdeteksi dalam penelitian ini, untuk penelitian lanjutan dapat digunakan, misalnya pengenalan ciri wajah ataupun pengenalan ekspresi wajah.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk membuat program yang dapat mengolah penentuan wilayah wajah secara waktu nyata (*real-time*), yang belum dilakukan dalam penelitian ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Cay, J., A. Goshtasby, and C. Yu, *Detecting Human Faces In Color Images*, Int'l Workshop on Multimedia Database Management Systems, 1998.
- [2]. Chang, H. and U. Robles, *Face Detection*, Department of Electrical Engineering, Stanford University.
- [3]. Cotton, S. D'O., *Colour, Colour Spaces and Human Visual Systems*, University Of Birmingham, 1995.
- [4]. Hanselman, D and B. Littlefield, *Matlab Bahasa Komputasi Teknis*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2000.
- [5]. Jain, A. K., *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice-Hall, Inc. Singapore 1989.
- [6]. Kuchi, P., P. Gabbur, P. Subbanna Bhat, and S. David S., Sumam, *Human Face Detection and Tracking Using Skin Color Modelling and Connected Component Operators*, Dept of E&C Engg., Karnataka Regional Engineering College, Surathkal, Karnataka.
- [7]. Marius, D., S. Pennathur, and K. Rose, *Face Detection Using Color Thresholding, and Eigenimage Template Matching*.
- [8]. Murni, A., *Pengantar Pengolahan Citra*, Elex Media Computindo, Jakarta, 1992.
- [9]. Papoulis, A., *Probabilitas, Variabel Random, dan Proses Stokastik*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 1992.

- [10]. Schalkoff, R. J., *Digital Image Processing and Computer Vision*, Department of Electrical and Computer Engineering, Clemson University, 1989.
- [11]. Singh, S. Kr., D. S. Chauhan, M. Vatsa, and R. Singh, *Comparison of Two Approaches of Face Detection Algorithm in Controlled Background: (Skin Color Based & Eigen and Gaussian Pyramid Based)*, Department of Computer Science & Engineering Institute of Engineering & Technology, Jaunpur, 2001.
- [12]. Peer, P. and F. Solina, *An Automatic Human Face Detection Method*, Computer Vision Laboratory, Faculty of Computer and Information Science-University of Ljubljana, Slovenia.
- [13]. Yang, J. and A. Waibel, *A Real-Time Face Tracker*, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.
- [14]. Yang, M., D. J. Kriegman, and N. Ahuja, *Detecting Faces In Images: A Survey*, IEEE, 2000.
- [15]. ....., *Matlab Tutorial*, The Math Works, Inc, Natick, MA, 2000.