

Deteksi Wajah pada Gambar Berwarna dengan Segmentasi Warna Kulit

Dadang Gunawan dan Dhani Elevani
Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus Baru UI, Depok 16424
e-mail : guna@eng.ui.ac.id, smart116417@yahoo.com

Abstrak

Pendeteksian wajah manusia merupakan proses dasar dari aplikasi yang lebih luas. Salah satu metodenya adalah pemanfaatan informasi warna. Sebuah model warna kulit yang merepresentasikan warna kulit manusia dibuat untuk mensegmentasi skin region dan non-skin region dalam gambar berwarna. Tiga persyaratan diterapkan untuk menyeleksi skin region yang merepresentasikan wajah manusia (jumlah lubang dalam satu region, rasio tinggi terhadap lebar region, dan koefisien korelasi silang antara region dengan template face). Makalah ini mensimulasikan deteksi wajah manusia dengan menggunakan segmentasi dan template matching. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skin region yaitu jumlah lubang, rasio tinggi terhadap lebar dan korelasi region dengan template, ketiganya berperan cukup baik, sedangkan keberhasilan deteksi sangat tergantung pada proses sebelumnya yaitu segmentasi.

Abstract

Face detection is a basic process of more extended applications. One of the methods is the use of color information. A skin model that represent human skin colors in chromatic color space is made to segment skin regions and non-skin regions in color images. The next process only involves the skin regions, by template matching method. Three requirements are applied to select the skin regions that represent faces (the number of holes in one skin region, height to width ratio, and the cross-correlation coefficient between skin region and template face). This paper presents a simulation of face detection by using the skin region and template matching method. The simulation results showed that all of them (the number of holes in one skin region, height to width ratio, and the cross-correlation coefficient between skin region and template face) played a good role in succeeding the detections, while the success very depends on the previous process, that is, the segmentation.

Key words : Image segmentation, detection, template.

1. Pendahuluan

Wajah manusia menyediakan informasi sangat besar dan interface ramah dalam interaksi manusia – komputer, memotivasi pemanfaatannya dalam aplikasi yang luas [1], seperti pengenalan wajah (*face recognition*). Tetapi, sebagian besar aplikasi mengasumsikan wajah manusia dalam sebuah gambar telah teridentifikasi dan terlokalisasi, sehingga diperlukan proses pendeteksian wajah (*face detection*). Masalah ini menarik karena wajah manusia memiliki variabilitas tinggi dalam ukuran, bentuk, tekstur, dan warna [1]. Pada gambar berwarna, warna merupakan petunjuk sangat bermanfaat dalam pendeteksian wajah karena tidak terpengaruh perubahan pencahayaan, bayangan, maupun skala. Hal

ini tercapai jika komponen *luminance* pada gambar berwarna dipisahkan dari *chrominance* [2] karena tidak penting dalam mengkarakterisasi warna kulit [3]. Metode ini berlaku untuk berbagai ras karena perbedaan warna kulit manusia lebih terdapat pada intensitas dibandingkan warna. Fakta ini dimanfaatkan untuk mendesain model warna kulit (*skin-color model*) yang berguna mensegmentasi gambar menjadi daerah warna kulit (*skin region*) dan bukan warna kulit (*non-skin region*), sehingga bagian yang perlu dianalisa lebih lanjut dapat diminimalisasi. Penggabungan metode ini dengan *template matching* cukup menguntungkan karena lebih sederhana dibanding yang lainnya [1]. Simulasi ini bertujuan menganalisa performansi proses deteksi dengan

segmentasi warna kulit dan *template matching*, untuk kondisi *input* bervariasi, meliputi waktu dan persentase keberhasilan deteksi.

2. Dasar Teori Segmentasi Warna Kulit dan *Template Matching*

2.1. Model Warna Kulit

Representasi warna yang banyak digunakan dalam gambar adalah RGB *color space* dengan elemen *r* (*red*), *g* (*green*), *b* (*blue*), merepresentasikan warna (*chrominance*) juga intensitas (*luminance*) [3] [4]. *Luminance* tidak penting dalam pemisahan *skin region* dengan *non-skin region* [4], sehingga pada kondisi pencahayaan normal tidak perlu dimasukkan dalam representasi warna kulit. Warna kulit dapat ditampilkan dalam *chromatic color space*. Warna *chromatic* didefinisikan [3][4]:

$$r = \frac{R}{(R+G+B)} \quad (1)$$

$$b = \frac{B}{(R+G+B)} \quad (2)$$

Warna hijau tidak perlu dinormalisasi karena $r + g + b = 1$ [3][4]. Distribusi warna wajah dapat direpresentasikan dengan *Model Gauss N* (m, C) [4]:

$$m = E\{x\} \quad (3)$$

dengan $x = (r \ b)^T \quad (4)$

dan $\bar{r} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i \quad (5)$

$$\bar{b} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N b_i \quad (6)$$

serta $C = E\{(x - m)(x - m)^T\} \quad (7)$

di mana

m : rata-rata nilai N buah komponen r dan b

\bar{r} : rata-rata nilai N buah komponen r

\bar{b} : rata-rata nilai N buah komponen b

C : kovariansi komponen-komponen r dan b

Parameter-parameter tersebut dapat digunakan untuk menentukan tingkat kemiripan setiap *pixel* dalam suatu gambar, dengan hubungan [4]:

$$P(r, b) = \exp[-0.5(x - m)^T C^{-1}(x - m)] \quad (8)$$

sehingga dengan mentransformasi komposisi nilai r dan b dari setiap *pixel* dalam suatu gambar berwarna dengan hubungan diatas, diperoleh gambar yang setiap *pixel*-nya menunjukkan tingkat kemiripan dengan warna kulit (*gambar skin-likelihood*) [4]. Segmentasi dilakukan dengan *thresholding* untuk lebih menegaskan apakah suatu *pixel* merepresentasikan warna kulit atau bukan.

2.2. Pelabelan *Pixel*

Pelabelan *pixel* dilakukan untuk menentukan keterhubungan antar *pixel* dalam mencari batas obyek dan komponen *region* dalam sebuah gambar, yang ditentukan berdasarkan nilai dan posisi masing-masing *pixel* relatif terhadap *pixel* lain yang berdekatan. Berdasarkan posisi, ada 2 tipe pelabelan *pixel* [5]: 4-*connectivity*, yaitu keterhubungan suatu *pixel* pada posisi (x, y) dengan *pixel* lain pada posisi $(x + 1, y)$, $(x - 1, y)$, $(x, y + 1)$, $(x, y - 1)$ dan 8-*connectivity*, yaitu keterhubungan suatu *pixel* pada posisi (x, y) dengan *pixel* lain pada posisi $(x + 1, y)$, $(x - 1, y)$, $(x, y + 1)$, $(x, y - 1)$, $(x + 1, y + 1)$, $(x - 1, y + 1)$, $(x - 1, y - 1)$, $(x + 1, y - 1)$. Jika sekelompok *pixel* bernilai sama dengan posisi salah satu dari kedua tipe, *pixel-pixel* tersebut saling terhubung.

2.3. Metode *Template Matching*

Merupakan proses pencarian lokasi sebuah bagian gambar dalam suatu gambar [6], yang paling mirip dengan suatu *template* berukuran sama. Salah satu metodenya adalah koefisien korelasi silang, dinyatakan dengan [6]:

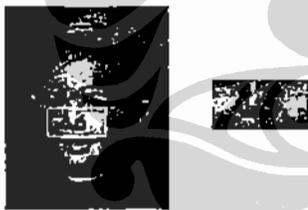
$$s(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_1(i, j) f_2(x+i-1, y+j-1)}{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_1^2(i, j) \right]^{1/2} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_2^2(x+i-1, y+j-1) \right]^{1/2}} \quad (9)$$

Semakin besar s , semakin mirip *template* dengan gambar. Koefisien korelasi silang resisten terhadap perbedaan intensitas, sehingga meskipun intensitas antara *template* dengan bagian gambar berbeda, selama intensitas *pixel* yang saling berhubungan sama-sama meningkat dan menurun, koefisien korelasi yang tinggi akan diperoleh.

3. Tahapan Simulasi

3.1. Pembuatan Model Warna Kulit

Beberapa bagian yang memiliki warna kulit dari gambar wajah diambil sebagai model umum (Gambar 1). Jumlah sampel 110 buah, dari ras Asia, Afrika, Amerika, dan Kaukasia. Setiap *pixel* diubah dari RGB ke *chromatic color space*, kemudian komponen *chrominance* (cb dan cr) diambil sebagai representasi warna kulit manusia. Untuk mereduksi efek *noise*, digunakan *lowpass filter*. *Mean* dan *covariance* dari distribusi warna *chromatic color space* dihitung berdasarkan persamaan (3), (4), (5), (6), dan (7). Parameter-parameter yang diestimasi tersebut disubstitusikan ke dalam model distribusi Gauss.



Gambar 1.

Contoh gambar wajah dan daerah yang diambil untuk model warna kulit.

3.2. Tahapan Deteksi Wajah

3.2.1. Pemisahan *skin region* dan *non-skin region*.

Representasi gambar *input* ditransformasikan dari RGB ke *chromatic color space*, komponen cb dan cr diambil. Gambar *skin-likelihood* dibuat dengan menghitung kemiripan setiap *pixel input* terhadap warna kulit menggunakan persamaan (8). Gambar tersebut diubah menjadi gambar biner dengan *adaptive*

thresholding, di mana nilai *threshold* dapat diadaptasikan sesuai *input*, yang pada setiap tahap diturunkan dari 0.55 sampai 0.05 dengan langkah 0.1.

3.2.2. Penentuan *skin region* yang mengandung wajah manusia.

Untuk menyeleksi apakah suatu *skin region* mengandung wajah manusia, ditentukan persyaratan : jumlah lubang ≥ 1 , rasio tinggi terhadap lebar $\geq 0,8$, koefisien korelasi silang dengan *template face* $> 0,6$. Tahap pertama adalah pelabelan *pixel* sehingga diketahui jumlah *skin region* dalam suatu gambar biner. Kedua, perhitungan jumlah lubang dalam satu *skin region* dengan suatu persamaan (10) di bawah ini [4][7] :

$$H = 1 - E \quad (10)$$

di mana

E = Angka Euler

H = Jumlah lubang dalam satu daerah

1 adalah nilai C (jumlah daerah yang dianalisa). C di set 1 sebab dalam setiap perhitungan hanya satu daerah dianalisa [4]. Ketiga, perhitungan pusat massa dengan menggunakan persamaan (11) [4] :

$$\bar{x} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m j B[i, j] \quad (11)$$

$B(i, x, j)$ merupakan matriks representasi *skin region* yang bersangkutan; A merupakan *skin region* tersebut, dalam *pixel*. Keempat, perhitungan sudut inklinasi [4] :

$$\theta = 1/2 \operatorname{atg} \frac{b}{a-c} \quad (12)$$

di mana

$$a = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x'_i)^2 B[i, j] \quad (13)$$

$$b = 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x'_i y'_j B[i, j] \quad (14)$$

$$c = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y'_j)^2 B[i, j] \quad (15)$$

dan

$$x' = x - \bar{x} \quad (16)$$

$$y' = y - \bar{y} \quad (17)$$

Kelima, perhitungan lebar-tinggi, menggerakkan 4 *pointers*, dari atas, bawah, kiri, kanan [4]. Jika *pixel* bernilai nol, berarti itu koordinat batas. Tinggi *region* diperoleh dari pengurangan nilai atas dengan bawah ditambah 1; lebar diperoleh dari pengurangan nilai kanan dengan kiri ditambah 1. Ke-6, perhitungan rasio dengan membagi lebar terhadap tinggi *region*. Rasio tinggi terhadap lebar wajah manusia sekitar 1. Dalam simulasi ini diterapkan persyaratan rasio minimum 0,8 dan maksimumnya 1,6 untuk mengatasi kondisi khusus [4].

3.3.3. Template matching.

Template face yang digunakan merupakan rata-rata 16 wajah frontal manusia, dengan pusat mata dan mulut berimpit [8] (Gambar 2). Setelah persyaratan ke-1 dan ke-2 terpenuhi, lubang ditutup, dikalikan dengan gambar asli, menghasilkan gambar asli dengan bagian wajah saja yang ditampilkan [4]. Ukuran *template face* disesuaikan dengan perhitungan tinggi-lebar, diputar sebesar *theta*, lalu pusatnya dihitung. *Template face* yang telah diproses ditampilkan dalam gambar *grayscale* berukuran sama dengan asli, lalu nilai korelasi silang dihitung. Dari eksperimen [4] diketahui hasil optimal diperoleh untuk nilai korelasi lebih besar dari 0,6. Gambar baru dibuat dengan lubang yang memiliki bentuk dan ukuran sama dengan *template face* hasil proses. Nilai *pixel* gambar ini di-*invert* lalu dikalikan dengan *pixel* gambar asli *grayscale*, sehingga dihasilkan gambar asli dengan *template face* pada *skin region*. Koordinat bagian gambar yang mengandung *template face* dapat diperoleh, kemudian dibuat segiempat mengelilingi wajah yang terdeteksi.



Gambar 2.
Template face [8]

4. Analisa Hasil Simulasi

Pada simulasi ini digunakan *Matlab Image Processing Toolkit 5.3*, processor *Pentium II*, frek. 333 MHz, RAM 128 MB. Dari hasil perhitungan, diperoleh rata-rata komponen *cb* adalah 107.4708, *cr* 142.6561, serta kovariansi keduanya adalah

$$\begin{bmatrix} 222.2104 & 171.9186 \\ 171.9186 & 335.1543 \end{bmatrix}$$

Analisa hasil simulasi meliputi waktu dan persentase keberhasilan deteksi.

4.1. Waktu Deteksi

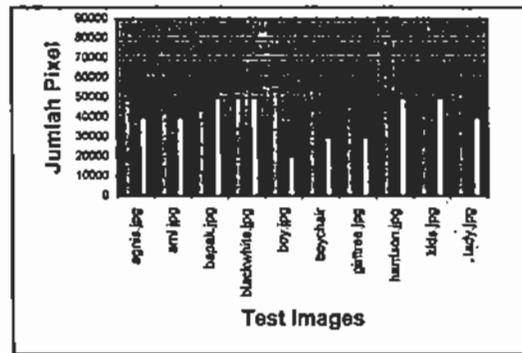
Data waktu simulasi beserta parameter-parameter yang berhubungan ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1.
Data Hasil Segmentasi dan Deteksi

Nama File	Jml Pixel	Waktu Proses			Opt. Thres.	Jml Skin Reg.
		Seg Men Tasi	De tekski	Total		
agnis.jpg	49152	17.41	9.56	26.97	0.4	3
ami.jpg	42186	15.1	13.9	29	0.4	14
bapak.jpg	44004	16.44	11.86	28.3	0.5	4
blackwhite.jpg	50218	17.25	46.63	63.88	0.5	26
boy.jpg	53856	18.62	15.54	34.16	0.2	7
BoyChair	54180	20.19	10.17	30.36	0.3	4
BSP.jpg	53262	18.18	7.8	25.98	0.5	5
dikdasb.jpg	42330	15.05	16.64	31.69	0.5	9
dn.jpg	51136	17.69	15.43	33.12	0.3	10
dogle.jpg	43475	15.22	9.55	24.77	0.5	14
flight.jpg	35856	12.47	5.49	17.96	0.5	4
glritree.jpg	45510	15.71	15.98	31.69	0.3	7
hamison.jpg	79200	26.31	17.08	43.39	0.5	7
kids.jpg	41241	14.39	20.93	35.32	0.5	15
lady.jpg	51985	18.78	18.57	37.35	0.4	49
medical.jpg	43180	14.83	7.25	22.08	0.4	5
oil.jpg	53040	18.23	15.93	34.16	0.4	12
oldhat.jpg	55160	18.73	31.31	50.04	0.5	7
picncl.jpg	40001	14.99	25.87	40.86	0.4	8
prisone.jpg	74100	24.99	11.54	36.53	0.5	3
pristwo.jpg	72600	24.07	12.36	36.43	0.4	11
Rabbit	34578	11.97	1.1	13.07	0.6	4
rambutan.jpg	46170	16.76	13.57	30.33	0.4	10
soccer.jpg	45888	17.97	7.14	25.11	0.5	6
Sphinx	63036	21.2	10.22	31.42	0.5	16
talha.jpg	41586	13.94	30.82	44.76	0.4	13
teenboy.jpg	33600	11.4	9.28	20.68	0.5	6
walking.jpg	47256	16.75	8.18	24.93	0.4	14
wawan.jpg	37450	13.01	8.34	21.35	0.4	10

4.1.1. Tahap Segmentasi.

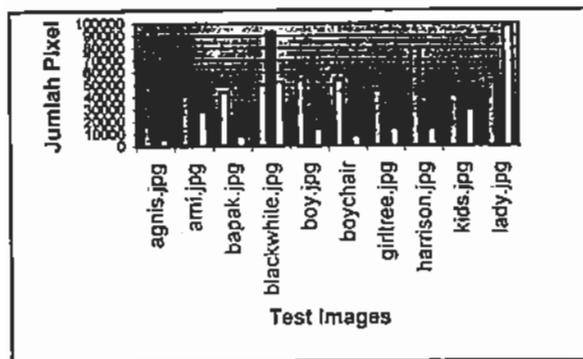
Jumlah *pixel*, *optimal threshold*, dan waktu segmentasi ditampilkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 terlihat bahwa waktu segmentasi semakin besar jika jumlah *pixel* suatu gambar, semakin besar dan nilai *optimal threshold* semakin kecil. Dalam pembuatan gambar *skin-likeness*, tingkat kemiripan setiap *pixel* dengan warna kulit dihitung, melibatkan komponen *cb* dan *cr* setiap *pixel*. Semakin besar jumlah *pixel input*, semakin banyak proses perhitungan, sehingga waktu proses juga semakin besar. Selanjutnya pengubahan gambar *skin-likeness* menjadi gambar biner dengan nilai setiap *pixel*-nya 0 dan 1. Setiap *pixel* diproses melalui *adaptive thresholding*. Pada setiap *threshold* yang diiterasi, dicari *pixel* bernilai 1 kemudian dihitung jumlahnya. Setelah itu *threshold* diturunkan dan proses yang sama diulang. Jumlah *pixel* bernilai 1 pada iterasi suatu *threshold* dikurangkan dari jumlah *pixel* bernilai 1 pada iterasi dengan *threshold* berikutnya. Dengan demikian diketahui jumlah pertambahan *pixel* yang terdeteksi setiap *threshold* diturunkan. *Threshold* terus diturunkan dalam *range* yang telah ditentukan, proses yang sama diulang hingga ditemukan *optimal threshold*. Dengan demikian, semakin tinggi *optimal threshold*, waktu segmentasi semakin sedikit karena pengulangan proses dalam *adaptive thresholding* tidak sebanyak saat nilai *optimal threshold* rendah. Di sini jumlah *pixel* tetap berpengaruh terhadap waktu proses tahap kedua. Hal ini dapat dilihat pada hasil simulasi, contohnya untuk perbandingan antara *input boy.jpg* dengan *blackwhite.jpg*. Pada *boy.jpg* waktu proses segmentasi lebih besar dibandingkan *blackwhite.jpg* karena jumlah *pixel*-nya lebih besar dan nilai *optimal threshold*-nya lebih rendah.



Gambar 3.
Perbandingan antara jumlah *pixel*, jumlah *skin region*, dan waktu segmentasi

4.1.2. Tahap Deteksi.

Perbandingan jumlah *pixel*, jumlah *skin region*, dan waktu deteksi ditunjukkan Gambar 4. Parameter yang berpengaruh terhadap waktu proses adalah jumlah *skin region* dalam satu gambar, jumlah lubang dalam satu *skin region*, rasio tinggi terhadap lebar *skin region*, dan koefisien korelasi silang antara *skin region* dengan *template face*. Keputusan bahwa suatu *skin region* merupakan wajah manusia ditentukan berdasarkan 3 persyaratan pada bagian 3.2.2. Syarat pertama yaitu jumlah lubang, dilakukan dengan mencari koordinat suatu *skin region* untuk menghasilkan gambar baru yang hanya mengandung *region* tersebut, sisanya dibuat hitam, kemudian dihitung dengan angka Euler menggunakan persamaan (10). Jika tidak terpenuhi, *region* tersebut tidak diperhitungkan lagi sehingga waktu yang diperlukan lebih singkat dibandingkan jika semua syarat terpenuhi, karena tidak perlu dilakukan proses-proses selanjutnya.



Gambar 4.

Perbandingan antara jumlah *pixel*, jumlah *skin region*, dan waktu deteksi

Akan tetapi jika hal ini terjadi pada semua *skin region* dalam sebuah gambar berarti proses deteksi tidak berhasil. Seperti pada contoh data *rabbit.jpg* (Tabel 2) yang gagal terdeteksi karena dari 4 *skin region*, tidak satu pun yang memiliki lubang. Akibatnya, proses tidak dilanjutkan dan tahap deteksi hanya memakan waktu 1,1 detik. Sebaliknya, jika syarat pertama terpenuhi, dilakukan analisa terhadap persyaratan selanjutnya, yaitu rasio tinggi terhadap lebar *skin region*. Sebelumnya, dicari pusat massa serta sudut inklinasi *skin region* tersebut. Setelah besar sudut diperoleh, *skin region* diputar sehingga posisinya tegak lurus agar dapat ditentukan koordinat dimana masing-masing nilai maksimum dan minimum dari komponen *x* dan *y* dapat menunjukkan lebar dan tinggi *skin region*. Lebar *region* diperoleh dengan mengurangkan komponen minimum *x* terhadap komponen maksimum *x* kemudian ditambah 1, dan tinggi *region* dengan mengurangkan komponen minimum *y* terhadap komponen maksimum *y* kemudian ditambah 1. Setelah itu, rasio ditentukan dengan membagi lebar terhadap tinggi. Di sini ditentukan batasan dimana rasio tinggi terhadap lebar yang minimum adalah sebesar 0,8. Hal ini ditetapkan karena dalam simulasi ini ditentukan batasan deteksi untuk wajah dengan posisi vertikal atau agak miring, sedangkan rasio normal tinggi terhadap lebar wajah manusia adalah 1 [4]. Batasan tentang posisi wajah vertikal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan deteksi karena dari hasil simulasi diketahui bahwa komponen *background* ataupun

benda-benda lainnya selain wajah manusia banyak yang memiliki warna mirip dengan warna kulit sehingga mungkin menyebabkan kesalahan deteksi. Disebabkan oleh hal yang sama pula, ditentukan batasan maksimum rasio tinggi terhadap lebar *skin region* sebesar 1,6. Jika suatu *skin region* memiliki rasio lebih besar dari 1,6 maka tinggi *region* tersebut dikurangi dengan melakukan perhitungan ulang. Proses ini akan memperpanjang waktu deteksi. Untuk *skin region* yang memenuhi persyaratan ini, proses deteksi dilanjutkan untuk menganalisa persyaratan yang terakhir, yaitu perhitungan koefisien korelasi silang antara *skin region* dengan *template face*. Jika persyaratan ini tidak terpenuhi, *skin region* tersebut tidak diikutsertakan lagi dalam proses selanjutnya dan hal ini mempersingkat waktu deteksi. Dengan demikian terlihat bahwa untuk *skin region* yang memenuhi semua persyaratan wajah diperlukan waktu proses yang lebih panjang. Parameter terakhir adalah jumlah *skin region* dalam satu gambar. Karena proses analisa persyaratan berlaku untuk setiap *skin region*, maka proses tersebut akan diulang-ulang untuk setiap *skin region* yang berbeda dalam sebuah gambar. Dengan demikian semakin besar jumlah *skin region* dalam sebuah gambar, waktu deteksi yang diperlukan akan semakin panjang. Salah satu contoh keseluruhan kondisi terlihat pada hasil simulasi di Tabel 3 dan Tabel 4, untuk *soccer.jpg* dengan *walking.jpg*. Dalam tabel tersebut ditunjukkan bahwa waktu deteksi *walking.jpg* lebih besar dari *soccer.jpg* karena jumlah *skin region* pada *walking.jpg* lebih besar daripada *soccer.jpg*. Akan tetapi, ketika *walking.jpg* dibandingkan dengan *picnic.jpg* ternyata waktu yang diperlukan *picnic.jpg* untuk melakukan deteksi lebih besar daripada *walking.jpg*, sementara jumlah *region* yang dimiliki lebih sedikit. Di sini terlihat pengaruh hasil analisa ketiga persyaratan wajah seperti yang telah dijelaskan di atas. Pada *picnic.jpg* terdapat 4 *skin region* yang memenuhi persyaratan pertama, 2 *skin region* memenuhi persyaratan ke-2, dan 1 *skin region* memenuhi persyaratan terakhir. Sementara itu pada *walking.jpg* hanya

1 skin region yang memenuhi persyaratan pertama hingga terakhir sedangkan skin region lainnya tidak ada yang memenuhi persyaratan sehingga tidak memerlukan pemrosesan lebih lanjut, dimana hal ini menyebabkan waktu deteksi menjadi lebih singkat.

Tabel 2.

Jumlah lubang, rasio, dan koefisien korelasi input *rabbit.jpg*

Jumlah skin region : 4

Label	Jml Lubang	Rasio	Ccorr
1	0		
2	0		
3	0		
4	0		

Tabel 3.

Jumlah lubang, rasio dan koefisien korelasi input *soccer.jpg*

Jumlah skin region : 6

Label	Jml Lubang	Rasio	Ccorr
1	0		
2	1	1.5283	0.7834
3	0		
4	0		
5	0		
6	0		

Tabel 4.

Jumlah lubang, rasio dan koefisien korelasi input *walking.jpg*

Jumlah skin region : 14

Label	Jml Lubang	Rasio	Ccorr
1	0		
2	0		
3	0		
4	1	1.3729	0.8301
5	0		
6	0		
7	0		
8	0		
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		

4.2. Persentase Keberhasilan Deteksi

Hasil yang diperoleh yaitu : terdeteksi sebesar 65,38 %, tidak tepat terdeteksi 19,23 %, tidak terdeteksi 15,38 %. *Input* bukan wajah manusia tidak diikutsertakan dalam perhitungan persentase keberhasilan karena simulasi ini memang didesain untuk mendeteksi wajah manusia [4]. *Input* tersebut diikutsertakan untuk membuktikan bahwa metode yang diterapkan dapat membedakan antara wajah manusia dengan selainnya.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa keberhasilan proses deteksi tidak terlalu tergantung kepada posisi, skala, maupun kondisi khusus yang terdapat pada wajah seperti adanya jenggot, kacamata, atau topi, meskipun hal tersebut cukup berpengaruh terhadap hasil deteksi. Hasil deteksi lebih banyak dipengaruhi oleh jumlah lubang, rasio tinggi terhadap lebar, dan koefisien korelasi. Seperti yang ditunjukkan pada *input* *agnis.jpg* dengan *ami.jpg*, posisi kedua *input* tersebut sama-sama frontal, bahkan *input* *agnis.jpg* posisinya agak miring. Akan tetapi wajah yang terdeteksi justru pada *agnis.jpg*. Jika dianalisa dari ketiga persyaratan yang telah ditentukan untuk wajah manusia yang terdeteksi, kondisi ini dapat dijelaskan dengan membandingkan gambar biner dari kedua *input* tersebut (Gambar 5). Jelas terlihat jumlah lubang dalam *skin region* terpenuhi pada *input* *agnis.jpg*, sedangkan pada *ami.jpg* dalam *skin region* yang sebenarnya merupakan daerah wajah, tidak terdapat lubang. Dengan demikian *region* tersebut gagal melewati persyaratan pertama, sehingga deteksi pun mengalami kegagalan.



Gambar 5.

Pembandingan gambar biner untuk menentukan penyebab kegagalan deteksi

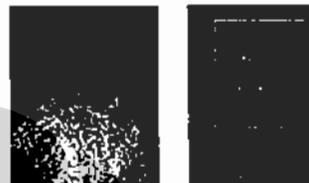
Jika dilihat lebih lanjut, dalam gambar biner *ami.jpg* masih terdapat *skin region* lainnya yang memiliki lubang, sehingga dapat melewati persyaratan pertama. Demikian juga dengan persyaratan yang ke-2, dimana nilai rasionya 1,4945. Region ini gagal melewati persyaratan ke-3 karena korelasinya dengan *template face* hanya sebesar 0,4231. Ketika dilakukan simulasi dengan mengabaikan persyaratan ke-3, diperoleh hasil gambar yang terdeteksi. Akan tetapi, *region* yang terdeteksi bukan wajah, sehingga hasil deteksi tidak tepat. Hal yang sama juga terjadi pada *input dogie.jpg* ketika persyaratan koefisien korelasi diabaikan. Pada *input* tersebut, warna bulu anjing terdeteksi sebagai *skin region* karena memiliki warna yang mirip dengan warna kulit manusia. Persyaratan pertama tentang jumlah lubang dapat terpenuhi, demikian juga dengan persyaratan ke-2. Akan tetapi ketika pola intensitas yang terdapat pada *skin region* tersebut dikorelasikan dengan pola pada *template face*, koefisien korelasinya hanya sebesar 0,5608. Kedua hasil deteksi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6.
Hasil deteksi dengan mengabaikan koefisien korelasi silang

Dari hasil deteksi *dogie.jpg* dapat diketahui bahwa persyaratan deteksi yang ditentukan cukup baik dalam menyeleksi *skin region* yang ada dalam sebuah gambar, karena simulasi ini memang didesain [4] untuk mendeteksi wajah manusia. Dari simulasi memang diperoleh hasil bahwa tidak ada *input* bukan wajah manusia yang terdeteksi. Secara keseluruhan, ketiga persyaratan yang ditentukan untuk menyeleksi *skin region* yang mengandung wajah manusia memang menyebabkan hasil deteksi yang cukup baik, dilihat dari

persentase keberhasilan deteksi. Meskipun pada beberapa *input*, bagian tubuh yang bukan merupakan wajah ikut terdeteksi seperti leher (*bapak.jpg*) dan rambut pirang (*boychair.jpg*) yang terdeteksi sebagai warna kulit tetapi hasil deteksi masih dapat dikatakan baik. Hal ini tidak menjadi masalah karena rambut dan leher meskipun bukan bagian dari wajah, tapi berada di sekitar wajah sehingga hasil deteksi pun masih terfokus pada wajah, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7.



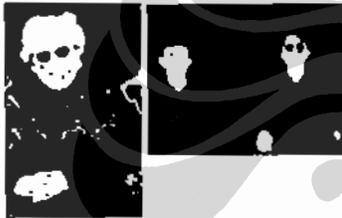
Gambar 7.
Hasil deteksi untuk kasus bagian leher dan rambut pirang yang ikut terdeteksi sebagai bagian wajah

Pada kondisi *background* yang warnanya mirip dengan kulit dan posisinya berdekatan dengan wajah, serta pada proses pelabelan *pixel* teridentifikasi sebagai komponen terhubung, dapat menyebabkan hasil deteksi yang tidak tepat. Hal ini terjadi pada *kids.jpg*. Dari Gambar 8 terlihat bahwa dalam proses deteksi, *template face* yang digunakan baik dalam hal orientasi maupun ukurannya cukup jauh berbeda dengan wajah yang seharusnya. Hal ini disebabkan oleh *background* yang ikut terdeteksi menjadi satu *region* dengan wajah.



Gambar 8.
Gambar asli dan gambar asli *gray-scale* dengan *template face* yang telah diproses

Demikian juga dengan hasil deteksi untuk input dengan kondisi khusus, contohnya pada *input lady.jpg* dan *BSP.jpg* (Gambar 9). Pada *BSP.jpg*, kacamata yang dikenakan menyebabkan wajah tidak dapat dideteksi, sedangkan pada *lady.jpg* wajah dapat dideteksi dengan baik meskipun mengenakan kacamata. Penyebabnya dapat terlihat pada gambar biner kedua input tersebut. Pada *lady.jpg* kacamata tampak jelas sebagai lubang, terpisah dari *background* oleh *skin region*. Sementara itu, pada *BSP.jpg* kacamata yang dikenakan terhubung dengan *background* gambar biner yang berwarna hitam sehingga tidak dikenali sebagai lubang, sedangkan pada *skin region*-nya sendiri tidak terdapat lubang. Hal ini menyebabkan *skin region* tersebut tidak memenuhi persyaratan pertama.



Gambar 9.

Hasil segmentasi untuk *input* dengan kacamata

Dari keseluruhan hasil deteksi, diketahui bahwa kegagalan atau kesalahan deteksi lebih banyak ditentukan oleh hasil segmentasi. Dengan memperbaiki proses segmentasi diharapkan akan diperoleh hasil segmentasi yang lebih tepat merepresentasikan warna kulit.

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa terhadap hasil simulasi untuk semua tahapan proses deteksi yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa waktu keseluruhan proses deteksi berbanding lurus dengan ukuran *input*, jumlah *skin region*, jumlah *skin region* yang memenuhi ketiga persyaratan wajah (jumlah lubang ≥ 1 , rasio tinggi terhadap lebar $\geq 0,8$ serta koefisien korelasi silang $> 0,6$) serta berbanding

terbalik dengan optimal threshold. Persentase keberhasilan yang diperoleh yaitu terdeteksi : 65,38 %, tidak tepat terdeteksi : 19,23 %, dan tidak terdeteksi : 15,38 %. Persyaratan yang ditetapkan berperan cukup baik dalam menyeleksi setiap *skin region* yang akan diidentifikasi sebagai wajah manusia, sedangkan keberhasilan deteksi tersebut sangat tergantung kepada proses sebelumnya yaitu segmentasi warna kulit.

Daftar Acuan

1. Ming-Hsuan Yang, Narendra Ahuja, David Kriegman, "A Survey on Face Detection Methods", March 1999.
2. Qing Song, "Robust and Efficient Estimation of Location and Pose of Human Faces in Images", *Proposal for Transfer to the Ph.D. Program, Faculty of Engineering and Applied Science Memorial University of Newfoundland*, December 1997.
3. Jie Yang, Alex Waibel, "A Real Time Face Tracker", *CS Technical Report Carnegie Mellon University*, Pittsburgh.
4. Henry Chang, Ulises Robles, "Face Detection", *EE 368 Final Project Report*, May 2000, <http://www-cs-student.stanford.edu/~robles/ee368>
5. Kenneth R. Castleman, "Digital Image Fundamentals", Prentice Hall, New Jersey, 1996, pp. 40 - 43
6. Lijun Ding, Ardeshir Goshtasby, and Martin Satter, "Volume Image Registration by Template Matching", Wright State University
7. G.W. Awcock, R. Thomas, "Applied Image Processing", McGraw-Hill, Singapore, 1996, pp. 161
8. J. Cai, A. Goshtashby, C. Yu, "Detecting Human Faces in Color Images", *Int'l Workshop on Multi-Media Database Management Systems*, Wright State University, Illinois, 1998