

# Deteksi Wajah Berbasis Pendekatan Segitiga Mata-Mulut

Deni Kartika<sup>1,A)</sup>, Suprijadi<sup>1,B)</sup>

<sup>1</sup> Laboratorium Fisika Elektronika dan Instrumentasi,  
Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>a)</sup> kartika.deni@gmail.com (*corresponding author*)

<sup>b)</sup> supri.haryono@gmail.com

## Abstrak

*Wajah manusia merupakan struktur yang kompleks dan dinamis. Sebuah tantangan tersendiri untuk dapat membuat sistem pengenalan wajah layaknya manusia. Pada awal perkembangannya, banyak penelitian pengenalan wajah hanya difokuskan pada fitur wajah. Pada tahun 1991, Turk dan Pentland mengembangkan sistem pengenalan wajah berbasis Principal Component Analysis yang diberi nama eigenface. Sistem ini sangat efisien karena hanya bergantung terhadap komponen yang paling berpengaruh terhadap citra wajah. Akan tetapi sistem ini memiliki kelemahan, yaitu tidak bisa digunakan untuk menentukan posisi wajah. Pada tugas akhir ini, metode pengolahan citra akan dilakukan untuk mendeteksi wajah pada citra digital. Metode yang digunakan adalah pendekatan segitiga mata-mulut dengan tahapan yang dilalui adalah deteksi kulit, deteksi mata, deteksi mulut, dan konfirmasi wajah. Dari hasil seratus citra warna digital uji, terdapat 82 citra yang berhasil dideteksi. Perlu pengembangan lebih lanjut agar sistem dapat bekerja dengan optimal.*

*Kata kunci: Deteksi Wajah, Pendekatan Segitiga Mata-Mulut, Pengolahan Citra, Citra Warna Digital*

## PENDAHULUAN

Sistem pengenalan wajah merupakan salah satu aplikasi yang banyak digunakan dalam analisis citra. Sebuah tantangan tersendiri untuk membuat sistem terotomasi yang setara dengan cara manusia untuk mengenali wajah. Walaupun manusia sangat baik dalam mengidentifikasi wajah yang diketahui, mereka tidak begitu ahli ketika berhadapan dengan sejumlah besar wajah yang tidak dikenal. Komputer dengan memori yang hampir tidak terbatas dan kecepatan komputasi dapat mengatasi keterbatasan manusia.

Mengembangkan sistem pengenalan wajah merupakan suatu persoalan yang rumit, karena wajah manusia merupakan struktur yang sangat kompleks dan dinamis dengan karakteristik yang dapat berubah dengan cepat dan signifikan setiap waktunya. Pada awalnya, metode yang digunakan untuk sistem pengenalan wajah umumnya berfokus pada fitur-fitur individual pada wajah, seperti mata, hidung, mulut, alis, dan garis kepala. Dari hasil tersebut kemudian fitur-fitur individual dipetakan pada model dua atau tiga dimensi hingga dihasilkan geometri yang detail. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengenalan wajah dengan sistem tersebut sangat rapuh dan sensitif terhadap faktor penambahan usia dan perubahan fitur wajah. Selain itu, metode tersebut juga membutuhkan data dan medium penyimpanan yang besar.

Metode eigenface merupakan salah satu metode pengenalan wajah yang dikembangkan oleh Turk dan Pentland pada tahun 1991. Metode tersebut merepresentasikan citra secara efisien menggunakan proses analisis komponen utama (*Principal Component Analysis*). Dalam metode ini citra wajah akan diproyeksikan dalam sebuah ruang fitur yang menonjolkan variasi yang signifikan di antara citra wajah yang diketahui. Fitur signifikan inilah yang kemudian disebut sebagai "eigenface." Eigenface hanya akan menangkap beberapa titik pada citra yang menyebabkan variasi yang signifikan antara wajah-wajah dalam *database* yang membuat mereka berbeda.

Metode eigenface menawarkan sistem yang lebih efisien dan sederhana untuk mengenali wajah. Akan tetapi, metode ini hanya cocok pada citra yang terkendali, dalam hal ini hanya cocok untuk mengenali wajah dalam citra dengan ukuran yang sesuai dan memuat satu wajah secara penuh pada satu bingkai. Metode eigenface kurang cocok untuk menemukan di mana posisi wajah.

Dalam makalah ini akan disajikan alternatif teknik untuk mengatasi permasalahan pada sistem pengenalan wajah eigenface. Dengan menggunakan sistem deteksi wajah yang tepat, sistem pengenalan wajah eigenface akan menjadi sistem yang mudah digunakan untuk berbagai contoh citra yang diuji.

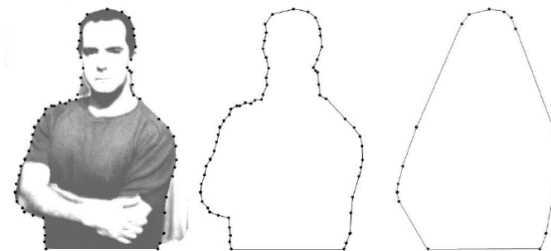
## PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

### Operasi Citra Digital

#### *Contour – Convex Hull*

*Contour* merupakan kumpulan titik terhubung yang merepresentasikan kurva pada citra [1]. Representasi tersebut dapat berbeda, tergantung pada kondisi yang dihadapi.

*Convex hull* dari sebuah *contour* merupakan pendekatan poligonal dari *contour* dengan mengabaikan cacat konveks pada citra. Contoh aplikasi dari *convex hull* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Aplikasi *convex hull*. Gambar berurutan dari kiri ke kanan: citra asli, *contour*, *convex hull* dari *contour* [1]

### Deteksi Wajah

#### *Deteksi Kulit*

Proses deteksi wajah yang digunakan adalah dengan pengolahan warna. Terdapat beberapa syarat agar warna dikelompokkan sebagai kulit. Berikut adalah syarat yang digunakan [2]:

$$\begin{aligned}
 &R > 95 \text{ dan } G > 40 \text{ dan } B > 20 \text{ dan } R > G \text{ dan } R > B \text{ dan } |(R - G)| > 15 \\
 &\text{dan } \max(R; G; B) - \min(R; G; B) > 135 \text{ dan } Cr > 135 \text{ dan } Cb > 85 \text{ dan } Y > 80 \\
 &\text{dan } Cr \leq (1,5862 \times Cb) + 20 \text{ dan } Cr \geq (0,3448 \times Cb) + 76,2069 \\
 &\text{dan } Cr \geq (-4,5652 \times Cb) + 234,5652 \text{ dan } Cr \leq (-1,15 \times Cb) + 301,75 \\
 &\text{dan } Cr \geq (-2,2857 \times Cb) + 432,85.
 \end{aligned}$$

### Deteksi Mata

Pada pendeteksian mata digunakan *Eye Map*. *Eye Map* yang dibuat terdiri atas dua bagian yang terpisah, satu untuk komponen *chrominance* dan lainnya untuk komponen *luminance* [3]. *Eye Map* dari *chroma* berdasarkan pengamatan dengan nilai *Cb* tinggi dan *Cr* rendah yang ditemukan di sekitar mata. Dirumuskan sebagai

$$EyeMapC = \frac{1}{3} \left\{ (Cb^2) + (\widetilde{Cr})^2 + \left(\frac{Cb}{Cr}\right) \right\}, \tag{4}$$

dengan  $(Cb^2)$ ,  $(\widetilde{Cr})^2$ ,  $\left(\frac{Cb}{Cr}\right)$ , semuanya telah dinormalisasi dalam rentang  $[0; 255]$  dan  $\widetilde{Cr}$  merupakan komponen negatif dari *Cr* (yaitu,  $255 - Cr$ ).

Pada komponen *luminance*, mata pada umumnya tersusun atas piksel gelap dan terang. Operator morfologi abu-abu, yaitu *dilation* dan *erosion* dapat dirancang untuk menekankan piksel yang lebih terang dan lebih gelap dalam komponen luma sekitar daerah mata. Operator ini telah digunakan untuk membuat vektor fitur untuk wajah pada berbagai skala untuk otentikasi wajah frontal. Persamaan untuk membuat *Eye Map Luminance* adalah [4]

$$EyeMapL = \frac{Y(x, y) \oplus g_{\sigma}(x, y)}{Y(x, y) \ominus g_{\sigma}(x, y) + 1}, \tag{5}$$

dengan

	0,7498	1,1247	1,4996	1,8745	1,4996	1,1247	0,7498
	1,1247	1,4996	1,8745	2,2494	1,8745	1,4996	1,1247
	1,4996	1,8745	2,2494	2,6243	2,2494	1,8745	1,4996
$g_{\sigma} =$	1,8745	2,2494	2,6243	2,9992	2,6243	2,2494	1,8745
	1,4996	1,8745	2,2494	2,6243	2,2494	1,8745	1,4996
	1,1247	1,4996	1,8745	2,2494	1,8745	1,4996	1,1247
	0,7498	1,1247	1,4996	1,8745	1,4996	1,1247	0,7498

$\oplus$  merupakan *dilation* dan  $\ominus$  merupakan *erosion*.

Setelah didapat *Eye Map Chrominance* dan *Eye Map Luminance*, kemudian dikombinasikan dengan operasi **AND** (*multiplication*).

$$EyeMap = (EyeMapC) \text{AND} (EyeMapL). \tag{6}$$

### Deteksi Mulut

Warna pada daerah mulut terdiri atas komponen merah yang lebih kuat dan komponen biru yang lebih lemah dibanding daerah kulit lainnya [5]. Maka, komponen *chrominance Cr* lebih besar dibanding komponen *chrominance Cb* dalam daerah mulut. Daerah mulut juga relatif memiliki respon rendah terhadap  $\left(\frac{Cr}{Cb}\right)$  dan respon tinggi terhadap  $Cr^2$ . *Mouth Map* dirancang sebagai berikut

$$MouthMap = Cr^2 \cdot \left( Cr^2 - \eta \cdot \left(\frac{Cr}{Cb}\right) \right)^2, \tag{7}$$

$$\eta = 0,95 \cdot \frac{\frac{1}{n} \sum Cr^2}{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{Cb}{Cr}\right)}, \tag{8}$$

### Konfirmasi Wajah Menggunakan Geometri Segitiga Mata-Mulut

Setelah didapatkan *Eye Map* beserta *Mouth Map* dari semua kandidat yang memungkinkan, ambil tiga titik *i*, *j*, dan *k* yang mana dapat membentuk bangun segitiga [3]. Definisikan *i* merupakan titik pusat dari blok mata kiri, *j* merupakan titik pusat dari blok mata kanan, dan *k*

merupakan titik pusat dari blok mulut. Terdapat empat aturan yang cocok untuk segitiga sama kaki yaitu:

$$|D(i, j) - D(j, k)| < 0,25 \times \max(D(i, j), D(j, k)), \tag{9}$$

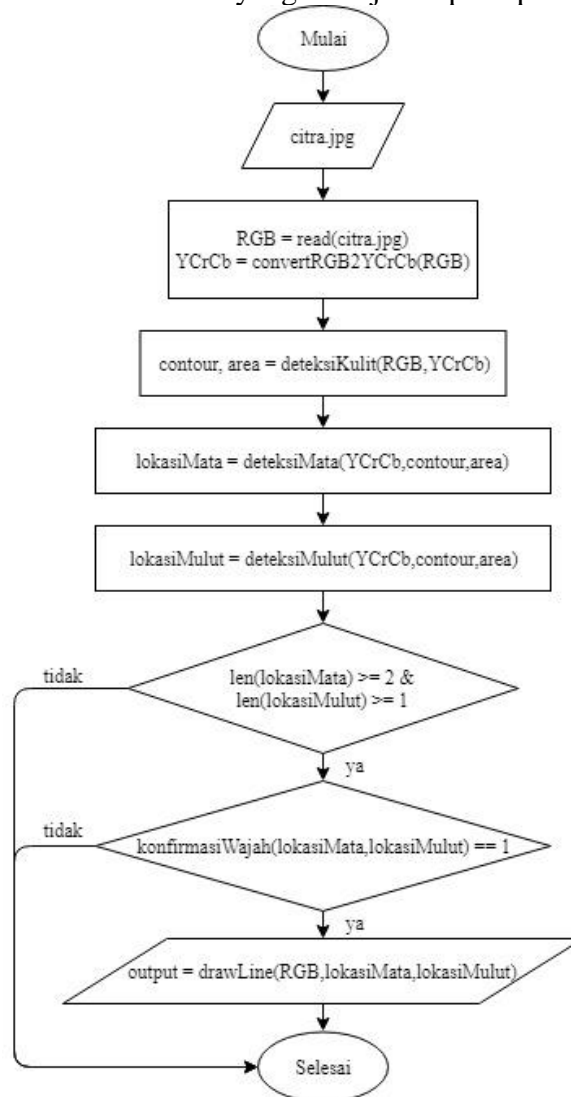
$$|D(i, j) - D(i, k)| < 0,25 \times \max(D(i, j), D(i, k)), \tag{10}$$

untuk koordinat  $x$ ,  $i < j$  dan  $k < j$ , sedangkan untuk koordinat  $y$ ,  $i < j < k$ . Dengan,  $D(a, b)$  menunjukkan jarak Euclidean di antara titik pusat blok  $a$  dan blok  $b$ .

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

### Alur Kerja Sistem

Berikut adalah diagram alir dari sistem yang dikerjakan pada penelitian ini.



Gambar 2. Diagram alir sistem.

Masukan sistem adalah citra yang mengandung data wajah dan keluaran sistem adalah keputusan mengenai identitas wajah pada citra tersebut. Implementasi sistem secara keseluruhan menggunakan perangkat lunak *Python 3.7* dengan *library OpenCV 3.4.4* sebagai *platform* utama. Pada bagian berikutnya akan dijelaskan proses kerja deteksi dan pengenalan wajah yang dijalankan oleh sistem dengan lebih detail.

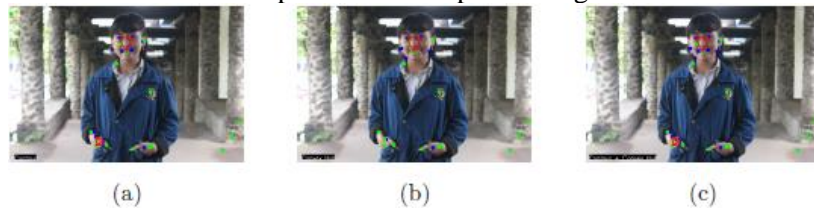
## Deteksi Wajah

Sistem deteksi wajah berfungsi untuk mendeteksi wajah menggunakan pendekatan segitiga mata-mulut. Pada sistem terdapat tahap deteksi mata, deteksi mulut, dan konfirmasi wajah yang dibahas pada bagian selanjutnya selanjutnya.

Contoh citra masukan ditunjukkan pada Gambar 3. Citra masukan akan diolah dalam sistem. Keluaran dari sistem dicontohkan pada Gambar 4.



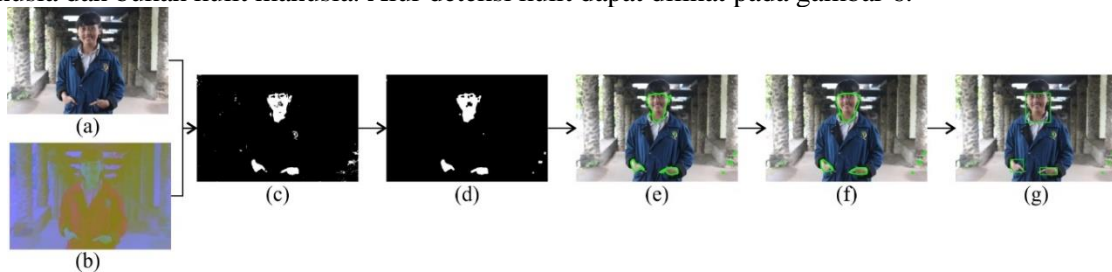
Gambar 3. Input sistem berupa citra digital warna.



Gambar 4. Keluaran sistem (a) *contour mask* daerah kulit, (b) *convex hull mask* daerah kulit, (c) *contour mask + convex hull mask*.

### Deteksi Kulit

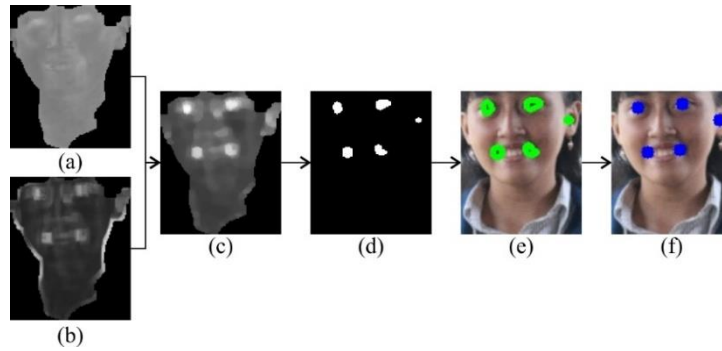
Deteksi kulit merupakan operasi untuk menyeleksi bagian dari citra masukan yang merupakan kulit manusia dan bukan kulit manusia. Alur deteksi kulit dapat dilihat pada gambar 6.



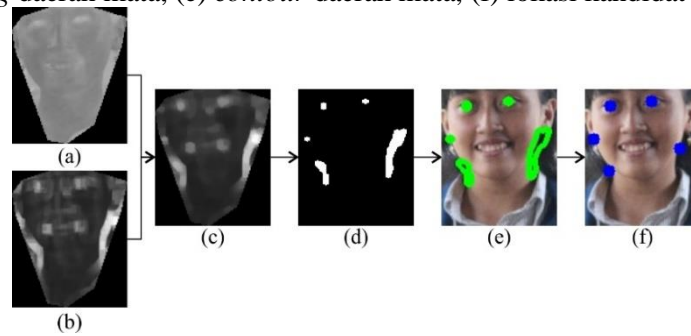
Gambar 5. Alur deteksi kulit, (a) citra masukan *RGB*, (b) citra masukan *YCrCb*, (c) citra hasil *thresholding*, (d) citra *thresholding* yang sudah diolah, (e) *contour* wajah, (f) *convex hull* wajah, (g) kandidat wajah.

### Deteksi Mata

Deteksi mata merupakan operasi untuk mencari lokasi mata pada kandidat wajah yang telah didapat. Alur deteksi mata dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8.



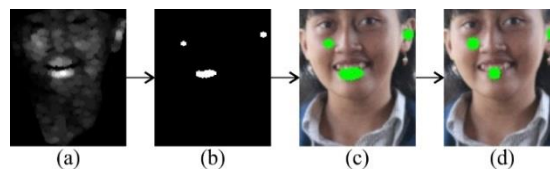
Gambar 6. Alur deteksi mata *contour mask*, (a) *eye map chrominance*, (b) *eye map luminance*, (c) *eye map*, (d) *thresholding* daerah mata, (e) *contour* daerah mata, (f) lokasi kandidat mata.



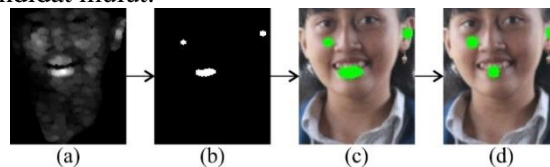
Gambar 7. Alur deteksi mata *convex hull mask*, (a) *eye map chrominance*, (b) *eye map luminance*, (c) *eye map*, (d) *thresholding* daerah mata, (e) *contour* daerah mata, (f) lokasi kandidat mata.

### Deteksi Mulut

Deteksi mulut merupakan operasi untuk mencari lokasi mulut pada kandidat wajah yang telah didapat. Alur deteksi mulut dapat dilihat pada gambar 9 dan gambar 10.



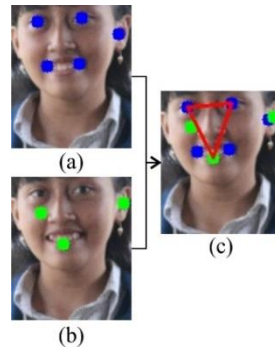
Gambar 8. Alur deteksi mulut *contour mask*, (a) *mouth map*, (b) *thresholding* daerah mulut, (c) *contour* daerah mulut, (d) lokasi kandidat mulut.



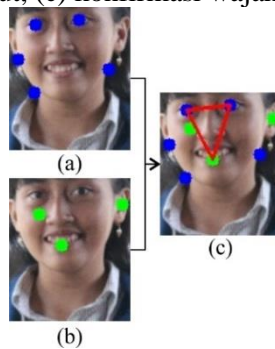
Gambar 9. Alur deteksi mulut *convex hull mask*, (a) *mouth map*, (b) *thresholding* daerah mulut, (c) *contour* daerah mulut, (d) lokasi kandidat mulut.

### Konfirmasi Wajah Menggunakan Geometri Segitiga Mata-Mulut

Konfirmasi kandidat wajah menggunakan geometri mata mulut yang telah ditentukan sebelumnya dan orientasi segitiga antara mata-mulut. Alur konfirmasi wajah menggunakan geometri mata-mulut dapat dilihat pada gambar 10 dan gambar 11.



Gambar 10. Alur konfirmasi wajah menggunakan geometri mata-mulut *contour mask*, (a) lokasi kandidat mata, (b) lokasi kandidat mulut, (c) konfirmasi wajah.



Gambar 11. Alur konfirmasi wajah menggunakan geometri mata-mulut *convex hull mask*, (a) lokasi kandidat mata, (b) lokasi kandidat mulut, (c) konfirmasi wajah.

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

#### Hasil Uji

Pengujian sistem dilakukan pada seratus citra uji berukuran  $5184 \times 3456$  yang telah disediakan. Pengujian sistem dilakukan untuk melihat performa sistem deteksi wajah yang telah dibuat. Pada pengujian, dilakukan variasi *masking* pada citra, yaitu menggunakan *contour* dan *convex hull* serta penggabungan di antara keduanya. Berikut hasil pengujian sistem dalam tabel 1, dan tabel 2.

Tabel 1. Performa sistem deteksi wajah dengan *contour mask*

Tahap	Jumlah Berhasil	Jumlah Gagal	Jumlah Sampel	DR(%)
Deteksi Kulit	43	57	100	43,0
Deteksi Mata	41	2	43	95,3
Deteksi Mulut	38	5	43	88,7
Konfirmasi Segitiga	35	2	37	94,6
Deteksi Wajah	35	65	100	35,0

Deteksi wajah dengan menggunakan *contour mask* menggunakan aplikasi *contour* untuk mempertahankan warna kulit di dalam wilayah *contour* dan membuat lainnya bernilai nol pada citra. Pada bagian tabel, jumlah sampel pada tahap deteksi kulit merupakan jumlah citra uji, pada tahap deteksi mata dan deteksi mulut merupakan jumlah berhasil deteksi kulit, sedangkan pada tahap konfirmasi wajah merupakan jumlah berhasil deteksi mata dan mulut.

Tabel 2. Performa sistem deteksi wajah dengan *convex hull mask*

Tahap	Jumlah Berhasil	Jumlah Gagal	Jumlah Sampel	DR(%)
-------	-----------------	--------------	---------------	-------

Deteksi Kulit	99	1	100	99,0
Deteksi Mata	70	29	99	70,7
Deteksi Mulut	90	9	99	90,9
Konfirmasi Segitiga	63	6	66	95,4
Deteksi Wajah	63	37	100	63,0

Deteksi wajah dengan menggunakan *convex hull* mask dari *contour* kulit untuk mempertahankan warna kulit di dalam wilayah *convex hull* dan membuat lainnya bernilai nol pada citra. Pada bagian tabel, jumlah sampel pada tahap deteksi kulit merupakan jumlah citra uji, pada tahap deteksi mata dan deteksi mulut merupakan jumlah berhasil deteksi kulit, sedangkan pada tahap konfirmasi wajah merupakan jumlah berhasil deteksi mata dan mulut.

### Deteksi Kulit

Deteksi kulit adalah tahapan paling awal yang dilakukan dalam proses deteksi wajah. Definisi warna kulit telah mengikuti nilai yang ditentukan oleh Kolkur *et al* dalam *Human Skin Detection Using RGB, HSV and YCbCr Color Models*, 2017, akan tetapi masih terdapat banyak kesalahan. Dari penggunaan *contour* terdapat 57 kesalahan dari seratus citra yang diuji. Kesalahan yang terjadi karena terdapat bayangan atau cahaya yang mengenai kulit yang menyebabkan kulit tidak terdeteksi secara optimal yang menyebabkan daerah mata terlewat dari deteksi. Penggunaan *convex hull* diharapkan akan mengurangi cacat tersebut, dengan cara menghilangkan cekungan yang terbentuk karena daerah mata yang tidak terdeteksi, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 14. Akan tetapi terdapat satu kegagalan *convex hull* dalam mendeteksi kulit, dikarenakan *contour* yang dikonversi menjadi *convex hull* dalam kondisi sangat buruk, dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 12. (a) Gagal deteksi kulit *contour*, (b) berhasil deteksi kulit *convex hull*.



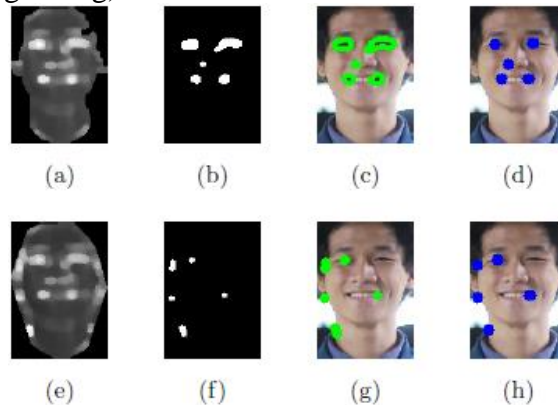
Gambar 13. (a) Gagal deteksi kulit *contour*, (b) gagal deteksi kulit *convex hull*.

### Deteksi Mata

Deteksi mata berfungsi untuk menentukan lokasi kandidat mata pada citra. Pada sistem yang dibuat, akan dicari maksimal lima lokasi kandidat mata pada citra. Dengan mengabaikan kegagalan pada deteksi kulit, pada *contour mask* keberhasilan sistem dalam mendeteksi mata cukup tinggi dengan tingkat keberhasilan 95,3%. Nilai tingkat keberhasilan turun menjadi 70,7% saat digunakan *convex hull*, hal ini dikarenakan penggunaan *convex hull* akan mengeliminasi cekungan pada daerah dekat telinga, leher, maupun lainnya yang menyebabkan terdapat kandidat mata yang lebih dominan daripada mata sesungguhnya (definisi mata



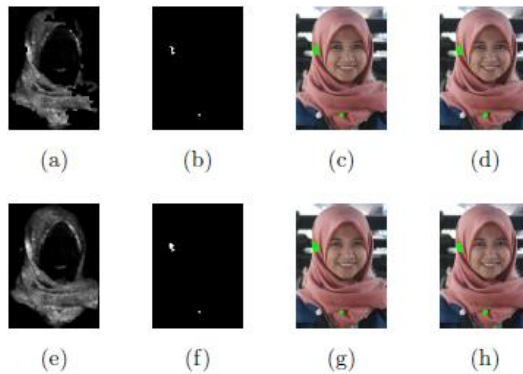
memiliki peralihan intensitas tinggi dan rendah yang juga terdapat pada peralihan kulit atau tepi kulit dengan latar yang terang).



Gambar 14: Berhasil deteksi mata *contour* (a) *eye map*, (b) *threshold*, (c) *contour*, (d) lokasi kandidat; gagal deteksi mata *convex hull* (e) *eye map*, (f) *threshold*, (g) *contour*, (h) lokasi kandidat.

### Deteksi Mulut

Deteksi mulut berfungsi untuk menentukan lokasi kandidat mulut pada citra. Pada sistem yang dibuat, akan dicari maksimal tiga lokasi kandidat mulut pada citra. Untuk kedua metode *masking*, *contour* dan *convex hull* tidak terdapat masalah yang cukup besar. Kesalahan yang terjadi cukup sedikit dan terbilang unik, yaitu ketika sistem deteksi kulit ikut mendeteksi objek berdampingan dengan kulit dengan warna yang terdeteksi sebagai warna kulit dan terdapat warna kromina merah dominan (definisi mulut) di dalamnya. Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15: Gagal deteksi mulut *contour* (a) *eye map*, (b) *threshold*, (c) *contour*, (d) lokasi kandidat; gagal deteksi mulut *convex hull*, (e) *eye map*, (f) *threshold*, (g) *contour*, (h) lokasi kandidat.

### Konfirmasi Wajah Menggunakan Geometri Segitiga Mata-Mulut

Konfirmasi wajah berfungsi untuk menyeleksi dari kandidat-kandidat mata dan mulut yang telah didapat dari tahapan sebelumnya yang dapat dibentuk sebuah wajah dengan ketentuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Dari hasil uji, tidak terdapat masalah yang terlalu berarti. Nilai tingkat keberhasilan untuk kedua metode *masking* yang digunakan sudah cukup tinggi, di atas 90%. Akan tetapi syarat yang digunakan untuk konfirmasi wajah masih sangat kasar dan dapat dikembangkan lagi.

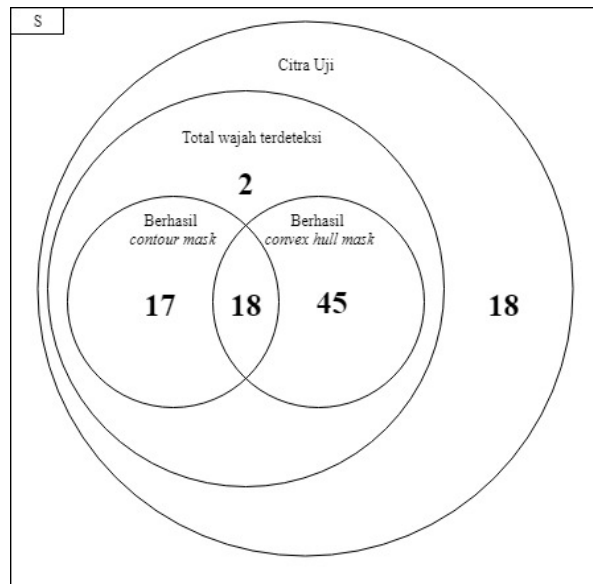
Deteksi Wajah

Dari deteksi wajah yang telah dilakukan, berikut tabulasi akhir hasil deteksi wajah dengan menggunakan variasi *masking*. Total wajah terdeteksi menggunakan mata dan mulut yang terdeteksi pada metode *masking contour* dan/atau *convex hull* yang kemudian digabung dalam konfirmasi segitiga mata-mulut. Tabulasi hasil dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan performa sistem deteksi wajah dengan *masking contour*, *convex hull*, dan total wajah terdeteksi.

Metode <i>Masking</i>	Jumlah Berhasil	Jumlah Gagal	DR(%)
<i>Contour</i>	35	65	35,0
<i>Convex hull</i>	63	37	63,0
Total wajah terdeteksi	82	18	82,0

Dalam bentuk diagram venn, persebaran keberhasilan deteksi wajah *contour mask* dan *convex hull mask* dalam gabungan *contour mask* dan *convex hull mask* dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Diagram venn rangkuman performa sistem.

Pada gambar 16 dapat dilihat terdapat 35 wajah yang terdeteksi pada metode *masking contour* dan 63 wajah terdeteksi pada metode *masking convex hull*. Terdapat irisan 18 citra yang berhasil terdeteksi wajah pada kedua metode *masking*. Terdapat 2 citra yang berhasil terdeteksi wajah melalui penggabungan mata dan mulut yang terdeteksi pada metode *masking contour* dan *convex hull*.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang diperoleh adalah sistem deteksi wajah berbasis pendekatan segitiga mata-mulut yang telah dibuat dapat bekerja baik dengan tingkat keberhasilan sebesar 82% untuk citra uji sebanyak seratus buah.

**REFERENSI**

1. Kaehler, A., & Bradski, G. (2017). Learnig opencv 3: Computer vision in c++ with the opencv library. O'Reilly.

2. Kolkur, S., Kalbande, D., Shimpi, P., Bapat, C., & Jatakia, J. (2016). Human Skin Detection Using RGB, HSV and YCbCr Color Models. ICCASP/ICMMD Advances in Intelligent Systems Research, 137, 324-332.
3. Rahman, M. H., Jhumur, F., Yusuf, M. S. U., Das, T., & Ahmad, M. (2012). An Efficient Face Detection in Color Images Using Eye Mouth Triangular Approach. IEEE/OSA/IAPR International Conference on Informatics, Electronics and Vision, 530-535.
4. Sheu, J.-S., Hsieh, T.-S., & Shou, H.-N. (2014). Automatic Generation of Facial Expression Using Triangular Geometric Deformation. Journal of Applied Research and Technology, 12, 1115-1130.
5. Hsu, R.-L., Abdel-Mottaleb, M., & Jain, A. K. (2002). Face Detection in Color Images. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 24 (5), 696-706.