

REKONSTRUKSI WAJAH MANUSIA DALAM BENTUK TIGADIMENSI MENGGUNAKAN METODE PARTIAL DEFFERENTIAL EQUATIONS DAN NURBS MODELLING

EndraRahmawati

Program StudiSistemInformasi STIKOM Surabaya
endra_rahmawati@yahoo.com

Abstrak

Pengenalan wajah manusia merupakan objek penelitian yang penting dalam dunia komputer grafik. Salah satu permasalahan yang muncul adalah bagaimana merekonstruksi wajah manusia. Rekonstruksi wajah manusia dapat dilakukan dengan pemodelan geometri wajah 3D. Perangkat lunak untuk rekonstruksi wajah 3D manusia ini dibangun menggunakan metode *Partial Defferential Equations* (PDE) untuk merekonstruksi geometri wajah 3D manusia.

Input awal berupa citra wajah 2D yang tampak dari depan (pasfoto). Rekonstruksi wajah 3D terdiri dari tiga tahapan. Tahap pertama yaitu ekstraksi fitur wajah 2D, menggunakan *Automatic Shape Model*. Tahap kedua yaitu rekonstruksi geometriwajah 3D berdasarkan fitur wajah yang didapatkan dari proses pertama, menggunakan pendekatan *NURBS Modelling*. Tahap ketiga yaitu merekonstruksi kembali hasil geometri wajah 3D dari tahap kedua menggunakan metode PDE.

Metode ini akan membentuk *surface patch* wajah agar terlihat lebih halus (*smooth*). Setiap surface patch akan direpresentasikan menggunakan empat *boundary curves* dalam *3D space*. Boundary curves akan diekstraksi dari data geometri wajah 3D pada langkah kedua. Proses ini akan menghasilkan surface wajah 3D manusia yang lebih halus dan lebih akurat. Surface wajah 3D tersebut dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi, seperti Pengenalan Wajah 3D, Simulasi Ekspresi Wajah, dan aplikasi Bedah Plastik menggunakan komputer.

Kata Kunci :RekonstruksiWajahManusia, Partial Defferential Equation, NURBS Modelling.

1. Pendahuluan

Wajah merupakan bagian luar tubuh yang sangat penting karena dapat digunakan sebagai tanda pengenal / identitas seseorang. Gambar wajah bisa ditemukan pada foto dan gambar *digital* atau citra wajah 2D. Saat ini, hampir semua kartu tanda pengenal menggunakan wajah melalui pasfoto sebagai elemen utama. Hal ini menunjukkan bahwa wajah seseorang dapat dikenali dan dibedakan antara orang yang satu dengan yang lainnya. Manusia dengan mudah mengenali dan membedakan wajah dalam bentuk citra 2D, sedangkan komputer belum bisa melakukan hal tersebut dengan baik.

Berbagai penelitian telah dilakukan agar komputer dapat mengenali dan membedakan wajah manusia. Objek penting yang dijadikan sebagai bahan penelitian adalah proses pengenalan wajah manusia dari citra 2D menggunakan komputer[1]. Proses pengenalan

wajah ini disebut *Face Recognition*. Meskipun usaha penelitian telah dilakukan dalam kurun waktu lebih dari tiga dekade, pengenalan wajah tetap menyisakan persoalan yang menantang. Salah satu persoalan yang muncul pada proses pengenalan wajah yaitu adanya perbedaan posisi, pencahayaan, dan ekspresi pada setiap citra wajah 2D yang bervariasi. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan *Face Recognition Vendor Test* pada tahun 2002 (FRVT2002), proses pengenalan wajah untuk wajah tampak depan dengan pencahayaan ruangan telah mencapai tingkat akurasi sekitar 90%. Akan tetapi proses pengenalan wajah untuk wajah dengan posisi, pencahayaan, dan ekspresi yang bervariasi masih jauh dari memuaskan [3].

Permasalahan diatas dapat disederhanakan dengan adanya geometri wajah 3D. Geometri wajah 3D dapat menghasilkan citra wajah dengan berbagai posisi, pencahayaan dan ekspresi. Sehingga tidak perlu mengumpulkan foto setiap

orang dengan berbagai posisi, pencahayaan, dan ekspresi. Geometri wajah 3D dapat dibentuk melalui pendekatan / perhitungan matematis.

Ada beberapa pendekatan yang dapat digunakan dalam merekonstruksi geometri wajah 3D, diantaranya menggunakan *Structure from Motion* (SfM), *Stereo Vision*, *Shape From Shading* (SFS), dan *Model-Based*. SfM merekonstruksi geometri 3D yang diambil dari rentetan citra dari video. *Stereo vision* merekonstruksi geometri wajah 3D melalui dua atau lebih gambar yang sama yang diambil dari sudut pandang yang berbeda pada saat yang sama. SFS merekonstruksi 3D dari variasi gradasi *shading* pada citra 2D. Sedangkan pendekatan *Model-Based* menggunakan satu atau lebih model 3D sebagai acuan untuk merekonstruksi geometri 3D yang baru. Selain pendekatan yang disebutkan diatas, masih ada pendekatan lainnya termasuk pendekatan yang mengkombinasikan dua atau lebih pendekatan.

Pada rekonstruksi geometri wajah 3D ini, geometri wajah akan direkonstruksi dari citra wajah 2D dengan menggunakan pendekatan *Model-Based* [5]. Pendekatan ini melakukan perhitungan pada himpunan pelatihan yang berisi geometri wajah 3D sintesis. Langkah awal dari proses rekonstruksi adalah melakukan lokalisasi fitur wajah (mata, hidung, mulut, ujung dagu, dst) dari citra wajah 2D menggunakan *Active Shape Model* [4]. Kemudian, fitur wajah ini akan dikombinasikan dengan fitur wajah yang dipilih pada geometri 3D hasil perhitungan pada himpunan pelatihan. Kombinasi ini akan mengubah geometri wajah 3D hasil perhitungan pada himpunan pelatihan menjadi geometri wajah 3D yang sesuai dengan citra 2D yang ingin direkonstruksi. Dari proses diatas akan menghasilkan sebuah *surface* wajah 3D.

Surface wajah 3D tersebut akan diperbaiki menggunakan teknik pembentukan surface wajah yang fit (*Surface Fitting Technique*). Untuk menghasilkan bentuk surface yang bagus maka digunakan metode *Partial Defferential Equations* (PDE). Metode ini sangat efisien untuk membentuk 3D geometry yang kompleks, khususnya dalam pemodelan wajah 3D. PDE dapat diterapkan dalam *Surface Fitting Technique* [2].

Proses rekonstruksi menggunakan PDE ini dapat menghasilkan surface wajah 3D manusia yang lebih halus dan lebih akurat. Surface wajah 3D tersebut dapat digunakan untuk berbagai macam aplikasi, seperti Pengenalan Wajah 3D, Simulasi Ekspresi Wajah, dan aplikasi Bedah Plastik menggunakan komputer. Dengan adanya pelaksanaan rekonstruksi geometri wajah 3D, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan adanya permasalahan yang dijabarkan dalam latar belakang tersebut diatas, maka dapat diuraikan masalah yang dihadapi adalah sebagai berikut :

- Bagaimana menentukan fitur wajah dari citra wajah 2D menggunakan *Automatic Shape Model* ?
- Bagaimana merekonstruksi geometri wajah 3D dengan menggunakan NURBS Modelling ?
- Bagaimana memodifikasi hasil geometri wajah 3D yang baru agar bentuknya lebih halus (*smooth*) menggunakan PDE ?

3. Tujuan

Tujuan dari pembuatan perangkat lunak yang dapat merekonstruksi geometri wajah 3D ini adalah sebagai berikut :

- Merekonstruksi model wajah 3D dengan menggunakan metode tertentu sehingga dapat menghasilkan model wajah 3D baru yang sesuai dengan fitur citra wajah 2D.
- Memodifikasi hasil geometri wajah 3D yang baru agar lebih halus (*smooth*) dan diharapkan dapat meningkatkan akurasi pada pengenalan wajah.
- Membangun perangkat lunak yang dapat merekonstruksi geometri wajah 3D sehingga dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi.

4.1. Automatic Shape Model

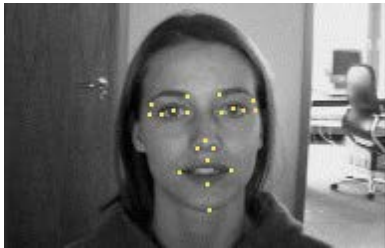
Automatic Shape Model merupakan konsep turunan dari *Active Shape Model* [4]. *Active Shape Model* adalah sebuah metode yang digunakan untuk mendeteksi titik-titik vertek terpenting dari bagian wajah, seperti pada mata, hidung, mulut, dan sebagainya. Penentuan titik-titik vertek pada *Active Shape Model* diambil dari objek wajah bergerak menggunakan BioID. BioID biasanya terdapat pada kantor atau perusahaan untuk mendeteksi wajah.

Karena BioID masih jarang digunakan di Indonesia, maka pada penelitian ini objek gambar wajah didapatkan dari foto/gambar dua dimensi dalam bentuk *.jpg. Dari foto wajah tersebut, akan dideteksi menggunakan proses pengolahan citra untuk mendeteksi titik-titik vertek pada bagian wajah, seperti mata, hidung, mulut, dan sebagainya. Contoh penggunaan BioID dapat dilihat pada Gambar 1.

Jenis foto wajah yang dapat diolah lebih lanjut untuk mendapatkan fitur-fitur wajah adalah sebagai berikut :

- Foto Wajah diambil sebatas leher keatas.

- b. Gunakan latar belakang sesederhana mungkin, jika memungkinkan background dibuat polos.
- c. Pose Wajah diambil dari sisi depan dan samping kanan atau kiri.
- d. Foto harus diambil dengan kondisi pencahayaan terang dan jelas (tidak gelap dan tidak kabur).
- e. Pose Wajah diambil dalam keadaan Normal. (tidak sedang cemberut/menangis/tertawa)



Gambar1.Penerapan Active Shape Model untuk memperoleh titik vertek pada wajah melalui BioID.

Adapun contoh foto wajah yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengambilan pose wajah dapat dilihat pada Gambar2.

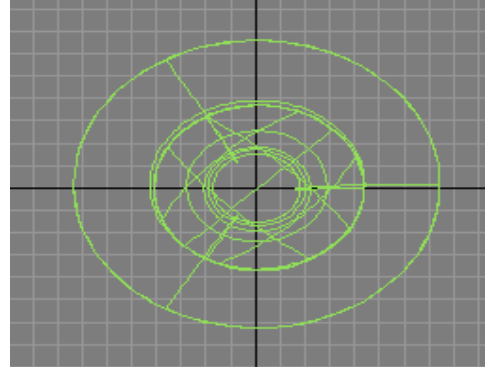


Gambar 2.Berbagai contoh pose dan pengambilan foto wajah dari beberapa sudut pandang.

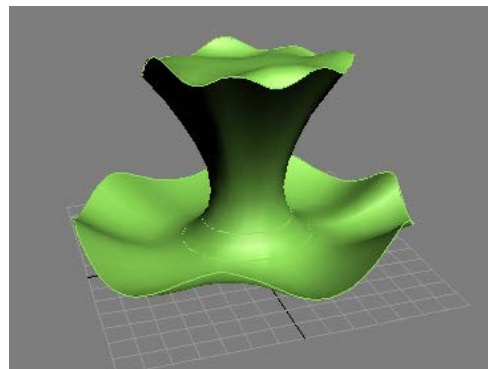
4.2. NURBS Modelling

NURBS (Non-Uniform Rational Boolean Surface) modeling adalah teknik membuat model dengan memakai garis-garis yang dibuat seperti rangkaobjek yang diinginkan kemudian diberi surface (bentukpermukaan). NURBS adalah objek surface yang terbentuk dari gabungan bentuk 2D menjadibentuk 3D yang lebih rumit. Keunggulan NURBS adalah hasil render objek NURBS lebih lembut/halus daripada Surface dan Meshsmooth standar, selain itu juga tidak mengurangi kecepatan di Viewport dan saat rendering. Pada Gambar 3a dapat dilihat contoh

bentuk rangka objek dari Circle dengan sudut pandang dari atas. Sedangkan pada gambar 3b merupakan Hasil Surfacing menggunakan NURBS Modelling dari bentuk rangka yang sudah dibuat sebelumnya.



Gambar3(a) .Bentuk Rangka Objek dari Circle dengan sudut pandang dari atas.



Gambar3(b) .Hasil Surfacing dengan NURBS Modelling.

4.3. Partial Defferential Equation

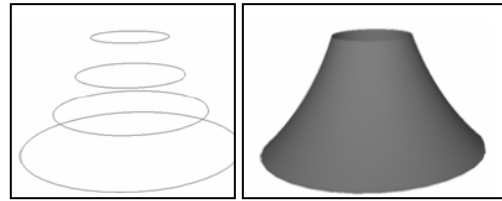
Kerumitan bentuk / surface wajah dapat diatasi dengan penggunaan metode PDE dengan segmentasi 4 kurva dalam 3D space. Bentuk geometry wajah akan difokuskan pada karakteristik utama yaitu seperti mata, hidung, dan titik pusat.

- a. Bentuk sederhana (simple surface patch) dimulai pada area dahi.
- b. Pada area dahi akan dibentuk 4 kurva.
- c. Pada area mata, hidung, mulut dibutuhkan lebih dari 4 batasan kurva, karena bentuknya lebih kompleks.
- d. Minimum 28 batasan kurva dapat menghasilkan surface wajah menggunakan metode PDE.
- e. Untuk membentuk surface yang lebih halus, maka diantara 2 surface patch yang berdekatan (contohnya antara area dahi

dengan mata) ditambahkan sebuah surface patch tunggal dengan domain parametric $0 \leq u \leq 9$. Sehingga ada 9 surface patch yang saling terhubung.

- f. Data wajah 3D yang didapatkan dari data 3D Scan akan dibentuk dalam data point cloud dan triangular mesh. Kemudian data tersebut disimpan dalam format VRML yang berisi informasi tentang lokasi data point dan hubungan antar point. Informasi ini dapat membentuk berbagai macam orientasi mengenai pose tertentu atau bentuk wajah manusia.
- g. Pembuatan representasi wajah 3D menggunakan Visual C++ dan OpenGL.
- h. Bentuk surface wajah dapat diidentifikasi melalui gambar datar (grafik). Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat kehalusan (smooth density), posisi yang benar dari bentuk wajah, lebar dari daerah tengah pada wajah.
- i. Tingkat (rasio) error dapat dikurangi dengan identifikasi garis tengah pada wajah, bentuk simetris wajah, dan pembentukan 2 garis diagonal pada wajah dengan titik pusat pada ujung hidung yang mancung

$$\frac{\partial^4 \mathbf{X}}{\partial u^4} + 2 \frac{\partial^4 \mathbf{X}}{\partial u^2 \partial v^2} + \frac{\partial^4 \mathbf{X}}{\partial v^4} = 0 \quad (1)$$



Gambar 5. Contoh hasil surface PDE berdasarkan boundary surface.

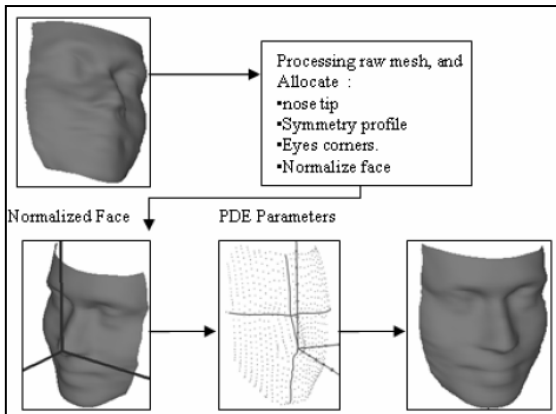
Pada gambar 5 merupakan contoh pembentukan curve boundary menggunakan shape circle. Kemudian menggunakan persamaan atau rumus 1, shape circle tersebut dibentuk menjadi surface boundary yang utuh. Berdasarkan konsep itulah, bentuk wajah tiga dimensi akan direkonstruksi sehingga berguna untuk aplikasi pengenalan wajah.

5. Tahap Rekonstruksi Wajah 3D

Tahapan rekonstruksi wajah tiga dimensi menggunakan metode Partial Defferensial Equations (PDE) dan NURBS Modelling ini dibagi menjadi 3 tahap, diantaranya sebagai berikut :

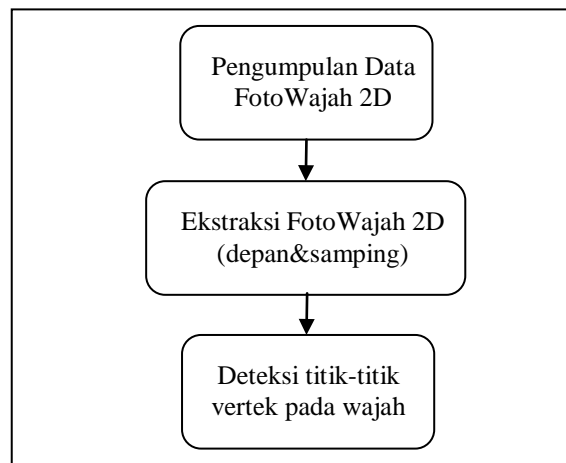
- a. Menentukan fitur wajah dari citra dua dimensi menggunakan Automatic Shape Model.
- b. Merekonstruksi geometri wajah tiga dimensi menggunakan NURBS Modelling.
- c. Memodifikasi hasil geometri wajah tiga dimensi agar bentuknya lebih halus (smooth) menggunakan PDE.

Tahap pertama merupakan proses penentuan fitur wajah dari citraduadimensi menggunakan Automatic Shape Model. Flowchart proses ini dapat dilihat pada gambar6.



Gambar 4. Blok Diagram untuk Proses ekstraksi dan rekonstruksi menggunakan PDE dari bentuk geometri wajah.

Pada Gambar 4 merupakan blok diagram untuk proses ekstraksi dan rekonstruksi menggunakan PDE dari bentuk geometri wajah. Proses awal merupakan pembentukan surface wajah dalam bentuk tiga dimensi berdasarkan input foto wajah dua dimensi. Setelah surface wajah 3D terbentuk, selanjutnya merupakan proses penghalusan bentuk hidung, simetri wajah, sudut mata, dan kenormalan bentuk wajah. Kemudian inputkan PDE Parameter yang terdiri dari u dan v seperti pada rumus (1).



Gambar 6. Flowchart Proses Penentuan Fitur Wajah dari Foto 2D menggunakan Automatic Shape Model.

Berdasarkan gambar 6, Flowchart Proses Penentuan Fitur Wajah dari Foto 2D menggunakan Automatic Shape Model dibagi menjadi 3 tahap, yaitu :

a. Pengumpulan Foto Wajah 2D

Pengumpulan Foto Wajah 2D ini dapat disimpan dalam bentuk file *.jpg atau *.png. Foto ini dilakukan dengan mengambil beberapa pose dari sample orang yang diambil secara acak. Namun, dari beberapa pose, akan diambil pose wajah menghadap kedepan dan kesamping kanan/kiri. Contoh Foto Pose dari sample 1 orang dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Foto Poses Wajah dari berbagai sudut diambil dari sample 1 orang.

b. Ekstraksi Fitur Wajah 2D (Depan dan Samping)

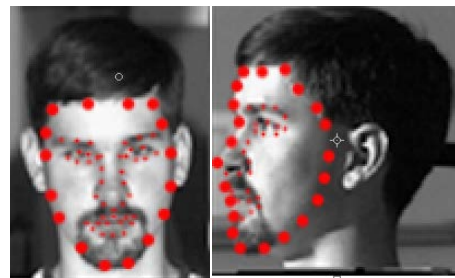
Setelah foto poses dari berbagai sudut wajah diambil, maka langkah selanjutnya adalah melakukan ekstraksi fitur wajah tigadimensi. Hanya foto wajah dengan pose menghadap tepat kedepan dan tepat kesamping yang dapat diolah untuk proses penentuan titik-titik vertek wajah. Contoh foto poses wajah yang tepat menghadap kedepan dan tepat menghadap kesamping dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Foto Pose dari sample 1 orang dengan menghadap ke depan dan ke samping kanan.

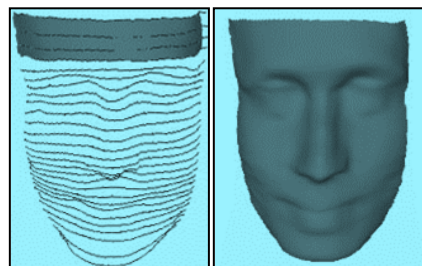
c. Deteksi Titik-Titik Vertek pada Wajah

Setelah Foto wajah duadimensi dengan pose wajah menghadap tepat kedepan dan tepat kesamping didapatkan, maka proses selanjutnya adalah melakukan deteksi titik-titik vertek pada wajah. Proses deteksi ini dilakukan untuk mencari titik vertek untuk beberapa bagian wajah seperti mata, hidung, dan mulut. Contoh deteksi titik vertek pada wajah dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Deteksi titik-titik vertek pada wajah.

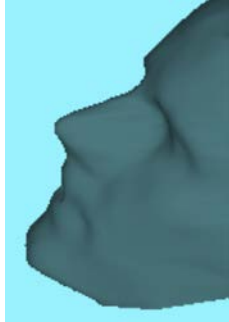
Tahap kedua adalah proses merekonstruksi geometri wajah tigadimensi menggunakan NURBS Modelling. Keunggulan NURBS adalah hasil render objek NURBS lebih lembut/halus dari pada Surface dan Meshsmooth standar, selain itu juga tidak mengurangi kecepatan di Viewport dan saat rendering. Contoh hasil pembentukan NURBS Modelling dari titik-titik vertek yang dihasilkan pada tahap pertamadapatdilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pembentukan NURBS Modelling berdasarkan titik-titik vertek.

Tahap ketiga adalah proses memodifikasi hasil geometri wajah tiga dimensi menggunakan PDE. Hal ini dilakukan untuk memperbaiki bentuk wajah tigadimensi, agar titik-titik vertek sesuai dengan bentuk aslinya. Setelah surface wajah 3D terbentuk dengan NURBS Modelling, selanjutnya merupakan proses penghalusan bentuk hidung,

simetri wajah, sudut mata, dan kenormalan bentuk wajah. Contoh hasil modifikasi wajah menggunakan PDE dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hasil Modifikasi wajah menggunakan PDE.

6. Hasil Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan terhadap Rekonstruksi Wajah dalam Bentuk Tiga Dimensi Menggunakan Metode Partial Differential Equation dan NURBS Modelling ini, ada beberapa point penting yang perlu diperhatikan, diantaranya sebagai berikut :

- a. Speed (kecepatan)
Kecepatan merender pada saat penciptaan surface dalam bentuk 3D memang memerlukan waktu yang agak lama. Hal ini dikarenakan banyaknya titik – titik vertek yang digunakan pada proses ekstraksi fitur foto wajah. Namun, jika hanya sedikit titik vertek yang digunakan untuk penciptaan surface, membutuhkan waktu lebih cepat.
- b. Dependability (kehandalan)
Sistem Pemodelan Rekonstruksi Wajah tiga dimensi ini sangat handal untuk menciptakan surface wajah dalam bentuk tigadimensi. Hal ini dikarenakan, sistem ini dibangun menggunakan Visual C++ dan OpenGL.
- c. Accuracy (ketepatan)
Ketepatan dalam menghasilkan surface wajah sesuai titik – titik vertek dapat

dikatakan sangat signifikan. Hal ini dikarenakan semakin banyak titik vertek yang digunakan, bentuk surface wajah yang dihasilkan semakin akurat. Namun, jika titik vertek yang digunakan hanya sedikit, maka hasil surface wajah kemungkinan tidak mirip dengan wajah aslinya.

7. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Proses Rekonstruksi wajah sangat membantu memvisualisasikan wajah dalam bentuk tigadimensi.
- b. Hasil pembentukan surface wajah menggunakan NURBS Modelling dapat dibentuk secara akurat dengan syarat jumlah titik vertek yang sangat banyak (diatas 50 titik vertek)
- c. Proses Rekonstruksi wajah menggunakan metode PDE dapat memperbaiki bentuk geometri wajah sehingga dapat mirip dengan aslinya.

Referensi

- Akakin, Hatice Cinar; et al. 2005. *2D/3D Facial Feature Extraction*. Bogazicy University.
- Elyan, Eyad; Ugail, Hassan. 2007. *Reconstruction of 3D Human Facial Images Using Partial Differential Equations*. University of Bradford/EIMC Department.
- Jiang, Dalong; et al. 2003. *Automatic 3D Reconstruction for Face Recognition*. Microsoft Research Asia.
- Milborrow, Stephen; Nicolls, Fred 2007. *Locating Facial Features with an Extended Active Shape Model*. University of Cape Town.
- Onofrio, Davide; Tubaro, Stefano. 2005. *A Model Based Energy Minimization Method for 3D Face Reconstruction*. Politecnico di Milan