

## ***Facial Rigging untuk Karakter 3D Berbasis Facial Action Coding System (FACS)***

Lailatul Husniah<sup>1</sup>, Hardianto Wibowo<sup>2</sup> dan Eko Mulyanto Yuniarno<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Malang  
e-mail: husniah@umm.ac.id<sup>1</sup>, ardi@umm.ac.id<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
e-mail: ekomulyanto@its.ac.id<sup>3</sup>

### ***Abstrak***

Animasi wajah merupakan salah satu komponen penting dalam pembuatan film animasi. Untuk membuat karakter tersebut menjadi lebih hidup dibutuhkan kontrol yang dapat mengendalikan gerakan yang ada pada wajah. Hal tersebut dapat dilakukan menggunakan Facial Rigging yang merupakan salah satu tahap awal dalam menciptakan animasi wajah. Dimana sebagai pengontrol atau pengendali gerakan wajah dapat menggunakan titik fitur yang dibuat dengan jumlah dan posisi yang diinginkan. Untuk mendapatkan jumlah dan posisi titik fitur wajah yang sesuai digunakan pendekatan blendshape dengan mengacu pada FACS.

Kata Kunci : *facial rigging, blend shapes, 3D characters, dan FACS*

### ***Abstract***

*Facial animation is one of the important components in making animated films. To make the characters come alive takes control that can control the movements that exist on the face. This can be done using the Facial Rigging, which is one of the early stages in creating facial animation. Where as a controller or controllers can use the facial movements made by the feature point number and the desired position. To get the number and position of facial feature points that correspond used blend shape approach with reference to the FACS.*

*Keywords: facial rigging, blend shapes, 3D characters, and FACS*

## Pendahuluan

Dalam sebuah animasi pergerakan wajah memegang peranan penting. Pergerakan wajah yang terjadi karena adanya pergerakan otot wajah menciptakan bentuk yang mampu menampilkan informasi yang dapat diterjemahkan sebagai ekspresi. Sehingga banyak penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi dan merekonstruksi ulang wajah manusia sehingga didapatkan informasi yang diinginkan.

Villagrasa dan Antonio ( Villagrasa & Antonio, 1999), mengembangkan sistem yang disebut FAcE! yang dapat menghasilkan ekspresi yang berbeda dari wajah seluruh dengan menggabungkan *Action Unit* (AU), yang didefinisikan oleh *Facial Action Coding System* (FACS). Sistem ini diterapkan pada kepala manusia 3D yang dikendalikan oleh tulang, *riggers* dan kulit yang berubah secara geometri. Mereka mengklaim bahwa sistem yang mereka buat mampu menerapkan ekspresi, fonem, kata, emosi dan mensinkronisasinya secara bersama-sama.

Menurut Parke (Parke, 1972) untuk menghasilkan animasi wajah yang baik diperlukan waktu yang lama bagi seorang animator ahli dikarenakan kompleksitas ekspresi wajah manusia yang merupakan bagian penting dalam pergerakan secara alamiah. Dalam model awal Parke mengusulkan menggunakan kombinasi ekspresi digital dan interpolasi linear pada fitur wajah seperti kelopak mata dan alis dan rotasi untuk rahang. Gerakan digambarkan sebagai sepasang himpunan numerik yang mengidentifikasi frame awal, frame akhir, dan interpolasi.

Sistem animasi wajah berbasis *Facial Action Coding System* (FACS) dikembangkan oleh Platt dan Badler (Platt & Badler, 1991). Ekspresi wajah pada FACS, ditentukan dari *Action Unit* (AU) yang mewakili otot tunggal atau sekelompok otot. Dalam model yang dikembangkan oleh Platt dan Badler, kulit terluar diwakili oleh satu set poin 3D yang mendefinisikan permukaan yang bisa bergerak. Tulang merupakan bagian dalam yang tidak dapat dipindahkan. Sedangkan otot adalah sekelompok poin dengan busur elastis antara tulang dan kulit terluar. Pada penelitian yang mereka lakukan tidak dijelaskan implementasi modellingnya terhadap karakter 3D.

Ekman dan Friesen (Ekman & Friesen, 1978) mengembangkan *Facial Action Coding System* (FACS) untuk menggambarkan ekspresi wajah yang diwakili

oleh unit-unit tindakan atau yang disebut sebagai Action Unit (AU). Dari 44 AU pada FACS yang ditetapkan, ada 30 AU secara anatomi terkait dengan kontraksi otot-otot wajah tertentu dimana 12 AU untuk wajah bagian atas, dan 18 AU untuk wajah bagian bawah. AU dapat terjadi baik secara tunggal atau dalam kombinasi. FACS memberikan kekuatan deskriptif yang diperlukan untuk menjelaskan rincian ekspresi wajah (Orvalho, Zaur & Susuin, 2008).

Untuk mendapatkan gerak wajah banyak teknik yang bisa dilakukan salah satunya adalah *Facial Rigging* dengan teknik *Feature Point Cluster* (Nendya & Gunanto, 2014). Proses *rigging* membutuhkan waktu pengerjaan manual yang lama bagi seniman. Bahkan bagi metode sederhana seperti *shape-blending*, seorang seniman perlu membuat sebuah bentuk acuannya. Pendekatan teknik *skinning* secara umum memerlukan pendefinisian manual tentang persendian yang mempengaruhi pergerakan pada wajah, seperti pada alis, dahi, pipi, rahang, dan mulut. Nendya telah melakukan penelitian tentang facial rigging pada model 3D berbasis *feature point* namun tidak dijelaskan secara detail tentang penentuan jumlah fitur yang digunakan untuk mengontrol gerak wajah (Nendya, Yuniarno & Gunanto, 2014).

Dalam makalah ini, akan menjelaskan pendekatan lain untuk *facial rigging* menggunakan pendekatan *blend shape* yang mengacu pada FACS untuk mendapatkan jumlah dan posisi titik fitur wajah sebagai pengontrol gerakan wajah agar gerakan wajah yang dihasilkan menyerupai gerakan otot wajah manusia.

### ***Facial Rigging***

*Facial rigging* adalah proses menciptakan kontrol animasi untuk model wajah dan antarmuka agar animator dapat melakukan kontrol terhadap model wajah tersebut. Salah satu contoh awal adalah sistem yang dikembangkan oleh Hanrahan dan Sturman (1985), yang memungkinkan animator untuk membangun hubungan fungsional antara perangkat input interaktif dan parameter kontrol (Parke & Waters, 1996). Ada beberapa teknik *facial rigging* yang ditulis oleh Parke dan Waters dalam bukunya yang berjudul *Computer Facial Animation* seperti *Articulated Joints*, *Blend Shapes*, dan *Clusters*. Sistem animasi interaktif modern menyediakan berbagai macam cara untuk menghubungkan interaksi pengguna ke tindakan

animasi. pada *Articulated Joints*, *Blend Shapes*, dan *clusters* memiliki hubungan khusus antara parameter kontrol dan efeknya pada titik permukaan. Banyak sistem animasi juga memungkinkan *rigging* untuk memanfaatkan hubungan fungsional yang berubah-ubah antara parameter kontrol dan efeknya pada titik permukaan. Hal ini dilakukan dengan mengembangkan set persamaan yang memanipulasi berbagai titik permukaan berdasarkan parameter kontrol. Manipulasi ini dapat berupa apapun yang dapat ditetapkan sebagai hubungan fungsional antara nilai parameter kontrol dan efek yang diinginkan pada titik permukaan.

Biasanya, nilai kontrol atau parameter untuk *joint angles*, bobot *blend shape*, transformasi *cluster*, dan ekspresi fungsional ditetapkan pada waktu tertentu atau *key frames* dari animasi yang diinginkan. Nilai parameter pada waktu *frames* yang lain berasal dari nilai-nilai *key frames* menggunakan beberapa bentuk interpolasi linear atau spline. Editor kurva interaktif sering diberikan sebagai bagian dari sistem animasi. Editor kurva memungkinkan animator untuk memanipulasi kurva interpolasi yang digunakan dalam transisi dari satu *key frames* ke *key frames* berikutnya. Biasanya, mengedit kurva dapat diterapkan pada setiap parameter individual. Bahkan, parameter yang berbeda mungkin memiliki set berbeda untuk setiap *key frames*.

#### A. *Articulated Joints*

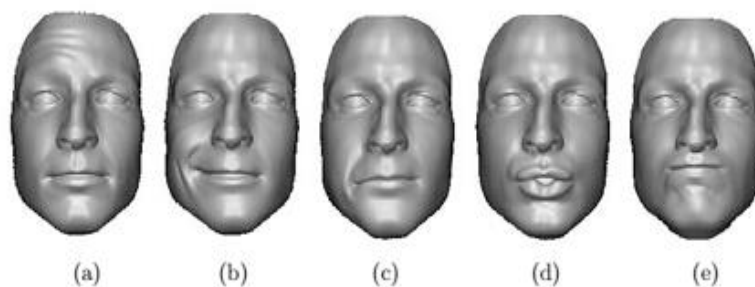
Merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk pembentukan model wajah dimana setiap sendi yang saling terhubung satu sama lain diartikulasikan antara dua segmen tulang atau tulang dan dapat dimanipulasi dengan membuat variasi sudut orientasinya. Pada wajah struktur sendi mungkin terdiri dari beberapa sendi untuk leher yang terhubung bersama ke sendi untuk rahang dan sendi untuk tengkorak. Sendi untuk tengkorak mungkin akan dihubungkan ke sendi untuk bola mata. Sendi untuk rahang mungkin akan dihubungkan ke sendi untuk lidah.

Pengaruh pada sendi ditetapkan antara simpul permukaan atau titik kontrol satu atau lebih dari persendian. Sendi mengalami proses manipulasi berdasarkan sudut orientasi dan titik permukaan dapat diputar bersama dengan sendi. Nilai bobot juga berpengaruh pada titik permukaan pada sendi yang spesifik. Beberapa titik permukaan yang lokasinya dekat dengan sendi biasanya pergerakannya saling

berpengaruh. Titik lain yang hanya dipengaruhi sedikit oleh sendi hanya mengalami pergerakan beberapa persen dari gerakan seutuhnya. Setiap titik permukaan memiliki kecenderungan berat titik yang berbeda sehingga hanya berpengaruh pada sendi tertentu. Membangun struktur sendi dan menentukan nilai bobot titik permukaan untuk sendi merupakan bagian dari proses *rigging*.

### **B. Blend Shapes**

*Blend shape* adalah bentuk lain dari interpolasi bentuk permukaan sehingga sering disebut sebagai Interpolasi shape yang merupakan teknik yang sering dipakai pada praktek animasi ekspresi wajah. Di sini permukaannya terpahat menjadi dua bentuk atau lebih. Salah satunya adalah bentuk dasar, sementara yang lain disebut bentuk target. Perbedaan antara bentuk dasar dan bentuk target direpresentasikan sebagai sekumpulan vektor (*vector sets*). Setiap *vector sets* menyesuaikan perbedaan antara bentuk dasar dan salah satu bentuk target. Setiap vektor dalam *blendshape* adalah perbedaan lokasi antara titik dalam bentuk dasar dan titik yang sesuai dalam bentuk target. Ketika *blendshape* diterapkan pada bentuk dasar, maka *blendshape* juga dibutuhkan pada bentuk target. Jika *blendshape* hanya sebagian diterapkan, maka bentuk dasar bergerak sebagian menuju ke bentuk target. Hal ini memungkinkan interpolasi antara bentuk dasar dan bentuk target. Interpolasi ini dikendalikan oleh *blending coefficient*. Jika koefisien adalah 0,0, permukaan memiliki bentuk dasar. Jika koefisien adalah 1,0, permukaan mengambil bentuk target. Untuk nilai antara 0,0 dan 1,0, permukaan mengambil bentuk antara bentuk dasar dan bentuk target.



Gambar 1: *Blend Shape* Yang Digunakan Untuk Meniru Gerakan Otot: (a) Alis Kanan Terangkat, (b) Sudut Bibir Kanan Ditarik Ke Atas, (c) Sudut Bibir Kanan Ditarik Ke Bawah, (d) Bibir Mengerut, (e) Daggu Ditarik Ke Atas. (Parke & Waters, 1996)

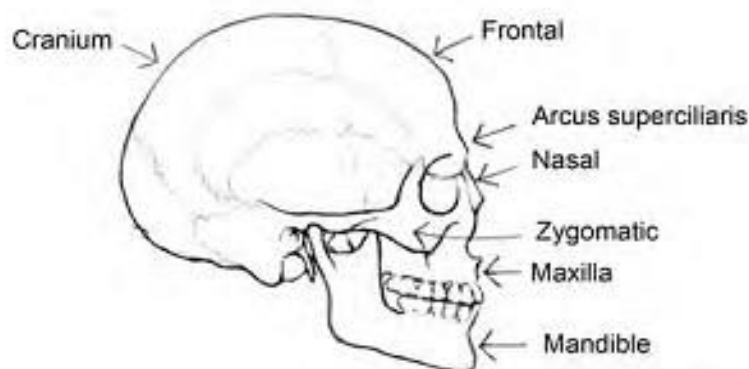
### C. Cluster

Merupakan sekelompok titik yang berkaitan dengan transformasi koordinat. Transformasi ini bisa berupa skala, translasi, rotasi, atau kombinasi dari ketiganya. *Cluster* memungkinkan kelompok titik permukaan untuk dilakukannya skala, translasi, dan rotasi relatif terhadap lokasi asal *cluster* ditentukan. Pengaruh transformasi cluster pada titik tertentu di cluster ditentukan oleh nilai pembobotan. Titik yang berbeda di cluster biasanya memiliki nilai bobot atau bobot yang berbeda. Bobot titik memungkinkan efek transformasi cluster berbeda-beda di antara titik cluster. Semakin dekat dengan pusat *cluster*, maka pengaruhnya semakin kuat.

## Struktur Wajah Manusia

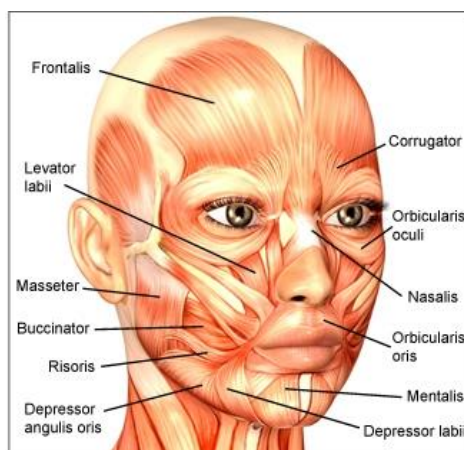
Wajah merupakan salah satu bagian dari tubuh manusia yang memiliki beberapa otot yang saling melekat satu sama lain dan sebagian besar tertanam dalam jaringan lemak. Wajah terletak pada bagian kepala manusia, tepatnya pada bagian bawah depan tengkorak, dan memiliki 14 tulang wajah yang menjadi dasar penampilan individu. Tulang tengkorak frontal adalah tulang yang membentuk bagian atas wajah di atas mata dan memainkan peran paling penting dalam fitur wajah. Tulang wajah yang paling penting untuk fitur wajah adalah mandibula (tulang rahang bawah), rahang, *zygomatic* (tulang pipi), dan nasalbone (Gambar 2).

Pada wajah ada beberapa otot yang digerakkan oleh *nervus facialis* atau saraf VII dan *nervus V*. Pada tabel 1 adalah otot-otot wajah yang digerakkan oleh *Nervus Facialis*. Otot-otot wajah yang dikendalikan oleh *nervus VII* adalah otot-otot yang menghasilkan ekspresi wajah. Otot *temporalis* meliputi daerah temporal yang besar pada wajah. Dimulai dari sisi tempurung kepala, berjalan di bawah lengkungan *zygomatic*, dan menempel pada bagian atas rahang bawah. Rahang pada manusia bergerak tiga arah, yaitu gerakan rahang naik dan turun, depan dan belakang, serta kanan dan kiri. Namun pada karakter 3D pergerakan rahang sering disederhanakan dan membatasi dengan memungkinkan sendi rahang untuk memiliki hanya satu derajat kebebasan (rotasi di sekitar sumbu horisontal).



Gambar 2 : Tengkorak manusia

Otot wajah menutupi bagian depan tengkorak, tulang wajah, lemak, tulang rawan, dan jenis-jenis jaringan dalam yang berlapis-lapis. Kombinasi dari otot-otot wajah membuat ekspresi wajah. Beberapa buku anatomi mendefinisikan jumlah otot wajah yang berbeda karena beberapa dari otot wajah berfungsi bersama-sama dan sulit untuk dipisahkan. Pada makalah ini untuk mendefinisikan jumlah otot wajah menggunakan acuan pada buku yang ditulis oleh William W. Campbell yang berjudul *DeJong's the neurologic examination* yang dirangkum pada tabel 1 di bawah ini.



Gambar 3 : Beberapa Otot yang ada pada wajah manusia (<http://hair-and-makeup-artist.com/facial-anatomy-proportions/>)

Tabel 1 Otot-Otot Yang Digerakkan Oleh Nervus Facialis

<i>Muscle Innervated</i>	<i>Muscle Action</i>
<i>Frontalis</i>	Gerakan mengangkat alis dan menarik kulit kepala ke depan, membuat keriput melintang pada dahi.
<i>Corrugator (corrugator Supercilii)</i>	Menarik alis ke bawah dan menghasilkan kerutan vertikal di dahi (otot cemberut)
<i>Nasalis (compressor nares)</i>	gerakan melebarkan cuping hidung diikuti gerakan kompresi transversal hidung
<i>Upper part of the orbicularis oculi (Orbicularis palpebrarum)</i>	Membuka dan menutup kelopak mata; menarik alis ke bawah, menarik kulit pipi ke atas; menutup mata dengan tegas
<i>Lower and lateral orbicularis oculi</i>	<i>Eyelid sphincter</i>
<i>Orbicularis oculi</i>	<i>Eyelid sphincter</i>
<i>Lower part of the orbicularis oris</i>	<i>Sphincter</i> mulut, menutup bibir; superficial fibers menonjol bibir; urat dalam menarik bibir dan menekan terhadap gigi (gerakan mendekatkan dan menekankan kedua bibir)
<i>Zygomatikus</i>	Menarik mulut ke atas (gerakan tersenyum)
<i>Risorius</i>	menarik sudut mulut (gerakan meringis)
<i>Buccinator</i>	Menekan pipi, membuat makanan di bawah tekanan dari pipi untuk di kunyah; gerakan meniup
<i>Mentalis</i>	Menonjolkan bibir bawah, mengeriputkan kulit dagu (gerakan menarik ujung dagu ke atas)
<i>Platysma</i>	menarik bibir bawah dan sudut mulut ke bawah, atau dengan menurunkan/ menaikkan rahang bawah disertai mengerutkan kulit leher (mengejan)

### ***Facial Action Coding System (FACS)***

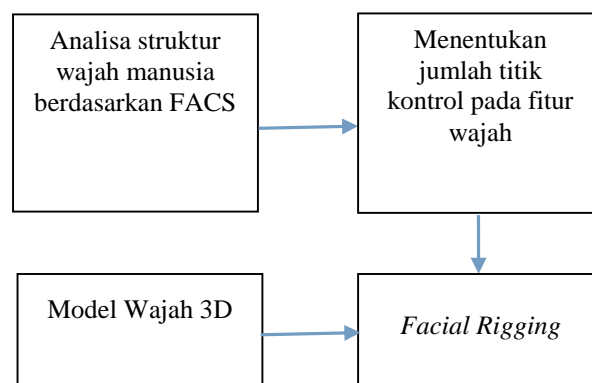
*Facial Action Coding System* (FACS) adalah kodifikasi yang dikembangkan oleh Eckman dan Friesen di mana setiap ekspresi wajah memicu aktivitas otot wajah tertentu yang jika ditelusuri, dapat memberikan informasi berharga tentang emosi yang diekspresikan (Osipa, 2003). Setiap gerakan wajah diwakili oleh satu set *Action Unit* (AU) yang memiliki sifat yang aditif atau non-aditif. Jika penampilan masing-masing AU independen, maka AU dikatakan aditif, jika memodifikasi penampilan masing-masing, maka AU adalah nonadditive. Dengan aturan yang ditetapkan ini, setiap ekspresi dapat digambarkan dengan kombinasi dari satu atau lebih aditif atau nonadditive AU. FACS terdiri dari 44 AU, termasuk AU untuk kepala dan posisi mata. Meskipun jumlah *Action Unit* yang mungkin adalah relatif kecil, Eckman menyatakan bahwa lebih dari 7000 kombinasi *Action Unit* telah diamati (Osipa, 2003).



Ada 9 Action unit pada bagian wajah atas dan 18 *action unit* pada bagian wajah bawah yang ditetapkan pada FACS 2002. Selain itu, ada 14 posisi kepala dan gerakan, 9 posisi mata dan gerakan, 5 unit tindakan yang lain, 9 deskripsi tindakan, 9 perilaku kasar, dan 5 kode visibilitas. Deskripsi tindakan adalah gerakan dasar anatomi yang tidak ditentukan. *Action Unit* wajah bagian atas dan bawah serta kepala dan posisi mata, masing-masing secara anatomi tertentu ada dalam satu atau lebih otot-otot wajah. Dengan beberapa pengecualian, *Action Unit* yang diorganisir oleh daerah wajah dimana *Action Unit* berada. Seperti *Action Unit* Alis memiliki label AU 1, 2, dan 4. *Action Unit* Mata label AU 5, 6, dan 7, dan 41 melalui 46. Untuk setiap unit tindakan,

## Metodologi

Ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk membuat *facial rigging* berbasis FACS. Pada bab sebelumnya sudah ditentukan *Action Unit* yang dapat mewakili gerakan otot pada wajah manusia sehingga dapat menghasilkan sebuah ekspresi tertentu. Action unit yang dipilih merupakan hasil dari analisa terhadap struktur wajah manusia. Yang selanjutnya akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan jumlah titik kontrol pada fitur wajah yang akan diterapkan pada model wajah 3D untuk membuat *facial rigging*.



Gambar 4: Alur Pembuatan Facial Rigging Berbasis FACS






Gambar 5: Model Wajah 3D Yang Dibuat



### A. Analisa struktur wajah manusia berdasarkan FACS

Dari analisa struktur wajah yang dilakukan maka pada penelitian ini digunakan beberapa AU yang mewakili beberapa otot wajah yang digerakkan oleh *nervus facialis* atau *nervus VII*. Ada 8 Action Unit yang di jadikan acuan untuk membuat *facial rigging* berbasis FACS, seperti yang di tunjukkan pada tabel 2.

Dari hasil pemilihan Action Unit maka dipilih beberapa fitur wajah yang akan ditambahkan titik-titik kontrol sebagai bagian dari *facial rigging* seperti alis, mata, bibir, dan dagu.

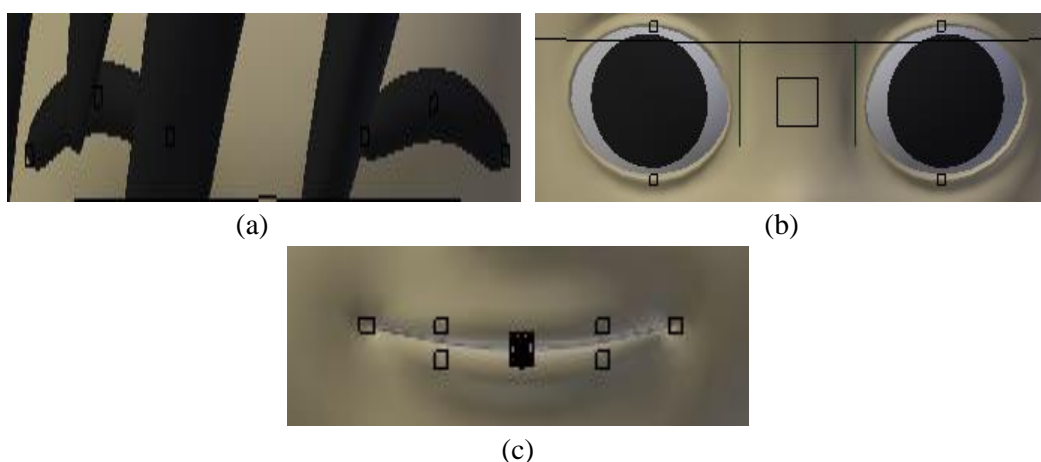
Tabel 2. Action Unit Yang Dijadikan Acuan Untuk Menentukan Jumlah Titik Fkontrol Pada Facial Rigging

AU	Deskripsi	Otot Wajah	Contoh Gambar
1	Alis bagian dalam dinaikkan	<i>frontalis, pars medialis</i>	
2	Alis pada bagian luar dinaikkan	<i>frontalis, pars lateralis</i>	
4	Alis diturunkan dan ditarik bersama-sama	<i>depressor supercillii, corrugator supercillii</i>	
5	kelopak mata atas dinaikkan	<i>levator palpebrae superioris</i>	
7	kelopak mata bawah dinaikkan	<i>orbicularis oculi, pars palpebralis</i>	
12	Ujung bibir ditarik	<i>zygomaticus major</i>	

15	Ujung dari bibir ditarik ke bawah	<i>depressor anguli oris (also known as triangularis)</i>	
26	Rahang ditarik ke bawah	<i>masseter; relaxed temporalis and internal pterygoid</i>	

## B. Jumlah titik kontrol pada fitur wajah dan Implementasinya pada model wajah 3D

Dari hasil analisa struktur wajah manusia berdasarkan FACS maka dapat ditentukan jumlah titik kontrol untuk setiap fitur wajah yang dipilih. Dengan mengacu pada FACS diharapkan dapat mewakili setiap gerakan otot pada wajah manusia sehingga hasil pergerakan yang dihasilkan tampak nyata. Untuk fitur wajah alis dibuat 3 titik kontrol yaitu bagian ujung kiri, tengah, dan ujung kanan yang mewakili *Action Unit* 1, 2 dan 4. Sedangkan untuk bagian mata dibuat 2 titik kontrol yaitu bagian kelopak mata atas dan bawah yang mewakili *Action Unit* 5 dan 7. Pada fitur wajah bibir dan dagu dibuat 6 titik kontrol pada bibir yaitu 2 titik kontrol pada bibir bagian atas, 2 titik kontrol pada bibir bagian bawah, dan 2 titik kontrol pada masing-masing bagian ujung kiri dan kanan bibir sedangkan pada dagu dibuat 1 titik kontrol untuk menggerakkan rahang bawah. Gambar 4 menunjukkan implementasi titik kontrol pada fitur-fitur wajah pada model wajah 3D.






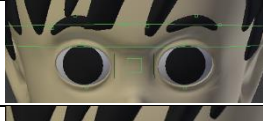












Gambar 6: (a) Posisi Dan Jumlah Titik Kontrol Pada Alis, (b) Posisi Dan Jumlah Titik Kontrol Pada Mata, dan (c) Posisi Dan Jumlah Titik Kontrol Pada Bibir

## Hasil dan Pembahasan

Tahap berikutnya adalah melakukan eksperimen terhadap titik-titik kontrol yang sudah dibuat pada karakter 3D apakah gerakan yang dihasilkan dari titik-titik tersebut dapat mewakili gerakan yaang ada pada *Action Unit* di FACS. Hasil eksperimen tersebut terangkum dalam tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Gerakan Wajah Yang Dihasilkan Dengan Menggerakkan Titik Kontrol Yang Dibuat Berdasarkan *Action Unit*

AU	Contoh Gambar	Gambar model wajah 3D
1		
2		
4		
5		
7		
12		
15		
26		

Untuk mendapatkan hasil gerakan alis seperti pada AU 1 maka titik kontrol pada ujung alis bagian dalam di tarik ke atas sehingga didapatkan hasil yang serupa. Pada AU 2 maka titik kontrol yang digerakkan adalah titik kontrol pada bagian tengah dan ujung alis bagian luar. Titik-titik kontrol untuk ujung alis bagian luar, tengah dan ujung bagian dalam ditarik ke bawah dan di tarik

mendekati hidung untuk titik kontrol pada alis bagian dalam sehingga didapatkan gerakan yang menyerupai AU 4.

Titik kontrol bagian atas pada kelopak mata di tarik ke atas untuk mendapatkan gerakan yang menyerupai AU 5. Sedangkan untuk mendapatkan gerakan yang menyerupai AU 7 maka titik kontrol bagian bawah kelopak mata di tarik ke bawah.

Gerakan bibir pada wajah karakter 3D yang menyerupai AU 12 terjadi akibat titik kontrol pada ujung bibir bagian kiri dan kanan di tarik kesamping kiri dan kanan serta sedikit ditarik ke bagian atas. Sedangkan untuk mendapatkan gerakan bibir yang menyerupai AU 15 titik-titik kontrol pada ujung bibir ditarik ke arah berlawanan dengan gerakan pada AU 12 yaitu ditarik ke bawah dan untuk mendapatkan gerakan yang menyerupai AU 26 maka titik kontrol yang digerakkan adalah 2 titik kontrol atas pada bagian tengah bibir dan titik-titik kontrol pada bibir bagian bawah yang sudah di *cluster* menjadi satu dengan *bone* pada bagian dagu.

## Kesimpulan Dan Saran

Total ada 16 titik kontrol yang dibuat yang mewakili masing-masing *Action Unit* yang sudah ditentukan. Dari hasil eksperimen yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa jumlah titik kontrol yang diimplementasikan mampu mewakili gerakan-gerakan pada *Action Unit* yang sudah dipilih. Untuk penelitian lebih lanjut dapat ditambahkan beberapa titik kontrol yang mewakili *Action Unit* pada bagian pipi dan cuping hidung yang belum diimplementasikan pada penelitian ini agar dapat menghasilkan gerakan-gerakan wajah yang dapat mewakili beberapa ekspresi.

## Referensi

- Ekman, P & Friesen, W. *The Facial Action Coding System: A Technique For The Measurement of Facial Movement*. Consulting Psychologists Press, Inc., San Francisco, CA, 1978.
- Hanrahan P., & Sturman D. Interactive Animation of Parametric Models. *The Visual Computer* 1:4, 1985.

Kalra, P, et al. "3d interactive free form deformations for facial expressions."  
*Compugraphics, Siesembra, Portugal* (1991).

Nendya, M.B., & Gunanto, S. G., "Animasi Ekspresi Wajah Pada Avatar Berbasis Feature Point Cluster", *Prosiding SENTIA 2014-Politeknik Negeri Malang*, Volume 6~ISSN:2085-2347.

Nendya, M.B., Yuniaron, E.M & Gunanto, S.G. "Facial Rigging For 3d Character". *International Journal of Computer Graphics & Animation* 4.3 (Jul 2014): 21-29.

Orvalho, V.C., Zacur, E, and Susin, A. "Transferring the rig and animations from a character to different face models." *Computer Graphics Forum*. Vol. 27. No. 8. Blackwell Publishing Ltd, 2008.

Osipa, J. *Stop Staring: Facial Modeling and Animation Done Right*. San Francisco: Sybex, 2003.

Parke, F I. "Computer generated animation of faces." *Proceedings of the ACM annual conference-Volume 1*. ACM, 1972.

Parke, F.I., & Waters, K. *Computer facial animation*. Vol. 289. Wellesley: AK Peters, 1996.

Villagrasa, S, & Sánchez, A.S. "Face! 3d facial animation system based on facts." (2009).

<http://hair-and-makeup-artist.com/facial-anatomy-proportions/>