

Submissions

### Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function

Matahari Bhakti Nendya, Eko Mulyanto Yuniarno

- Submission
- Review
- Copyediting**
- Production

#### Submission Files

[Search](#)

 3058-1	admin, Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function.docx	October 19, 2021	Article Text
--	---	------------------	--------------

[Download All Files](#)

#### Pre-Review Discussions

[Add discussion](#)

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
<i>No Items</i>				



Matahari Bhakti Nendya &lt;didanendya@ti.ukdw.ac.id&gt;

---

**[jinita] Submission Acknowledgement**

1 message

**Muhammad Nur Faiz** <ejournal.pnc@gmail.com>

Tue, Oct 19, 2021 at 7:00 PM

To: Mr Matahari Bhakti Nendya &lt;didanendya@ti.ukdw.ac.id&gt;

Mr Matahari Bhakti Nendya:

Thank you for submitting the manuscript, "Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function" to Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA). With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:

<https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jinita/author/submission/940>

Username: didanendya

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Muhammad Nur Faiz

Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA)

---

of Innovation Information Technology and Application  
(JINITA) <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jinita>

Journal

## Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis *Radial Basis Function*

### *3D Space Transform on Facial Animation of life-like Avatar Based on Radial Basis Function*

Matahari Bhakti Nendya<sup>1\*</sup>, Eko Mulyanto Yuniarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana

<sup>2</sup>Departemen Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
e-mail: didanendya@ti.ukdw.ac.id<sup>1</sup>, ekomulyanto@ee.its.ac.id<sup>2</sup>

#### Abstrak

Salah satu teknik pembentukan animasi wajah pada avatar dengan menggunakan ulang animasi yang ada baik dari animasi avatar lain atau animasi dari data gerak yang diperoleh menggunakan *facial motion capture*. Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk pembentukan animasi wajah pada avatar dalam game atau film animasi. Transformasi dilakukan dari data motion capture kedalam model wajah avatar 3D dengan 3 model wajah yaitu model wajah manusia, model wajah angsa dan model wajah anoman. Data motion capture ditransfer sesuai dengan titik fitur model wajah. Hasil yang didapatkan titik fitur model wajah akan memiliki animasi yang sesuai dengan data motion capture. Dari 3 model wajah target yang digunakan, hasil animasi dengan registrasi pada model wajah manusia memiliki rata-rata simpangan baku 0,0510. Pada model wajah angsa memiliki rata-rata simpangan baku 0,0034 dan pada model wajah anoman memiliki rata-rata simpangan baku 0,0024.

**Kata Kunci:** animasi wajah, avatar, data motion capture, transformasi ruang 3D, radial basis function.

#### Abstract

*One technique for forming facial animations on avatars is by reusing existing animations, either from other avatar animations or animations from motion data obtained using facial motion capture. This research focuses on the transformation of 3D space for the formation of facial animations on avatars in games or animated films. The transformation is carried out from motion capture data into a 3D avatar face model with 3 face models, namely the human face model, the swan face model and the anoman face model. The motion capture data is transferred according to the feature points of the face model. The results obtained by the facial model feature points will have animations that match the motion capture data. Of the 3 target face models used, the animation results with registration on the human face model have an average standard deviation is 0,0510. The goose face model has an average standard deviation is 0.0034 and the anoman face model has an average standard deviation is 0,0024.*

**Keywords:** facial animation, life-like avatar, motion capture data, 3D space transform, radial basis function.

#### Pendahuluan

Salah satu bentuk dari penggunaan karakter digital adalah avatar. Avatar berperan sebagai representasi personal seseorang dalam dunia digital. Bentuk representasi personal dengan menggunakan avatar dapat berupa orang, robot, superhero, karakter kartun atau binatang. Avatar dalam *game* ber-*game* *Real Time Strategy* (RTS) direpresentasikan dalam bentuk wajah dari karakter yang digunakan. Bentuk karakter wajah tersebut sangat erat kaitannya dengan animasi wajah karena memperkuat keberadaan karakter [1].

Teknik tradisional pembentukan animasi ekspresi model wajah tergantung pada kemampuan seniman untuk membuat gerakan kunci dan menggabungkannya menjadi serangkaian gerakan ekspresi wajah [2]. Video game dengan aturan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah sebagai media komunikasi atau interaksi dengan area permainannya [3]. Keterbatasan sumber daya seringkali membuat hal ini ditiadakan. Akan tetapi dengan munculnya sistem permainan yang diselengi film animasi yang berupa *cut scene*, animasi ekspresi wajah menjadi hal yang mutlak untuk memberikan aspek hiburan bagi pemain [4].

---

\*) Penulis Korespondensi: didanendya@ti.ukdw.ac.id

Game dengan aturan permainan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah dalam melakukan komunikasi atau interaksi dengan area permainannya. Karena sumber daya yang terbatas, animasi wajah dalam game sering ditiadakan. Namun akhir-akhir ini dengan munculnya sistem permainan game yang diselingi film animasi didalamnya menuntut keberadaan animasi ekspresi wajah yang mutlak ada untuk memberikan aspek hiburan dan cerita bagi si pemain [1].

Ekspresi wajah memiliki peran penting dalam model komunikasi nonverbal [5]. Untuk menghasilkan model ekspresi yang natural pada avatar, digunakan teknik transfer animasi dari animasi lain atau dengan menggunakan *data motion capture* wajah [6]. *Data motion capture* yang digunakan berasal dari wajah manusia yang kemudian dipindai melalui *facial motion capture* berdasarkan titik fitur wajah [7]. Titik fitur wajah yang digunakan mengacu pada *Facial Action Coding System (FACS)* [8] [9].

*Facial motion capture* akan menyimpan posisi dan orientasi dari satu obyek dan kemudian merekam informasi yang digunakan dalam koordinat di dunia maya [10]. Problematika yang muncul dalam menggunakan *data motion capture* ada pada pemetaan ulang titik fitur pada bentuk karakter yang berbeda secara morfologis dan skala penerapannya. [11].

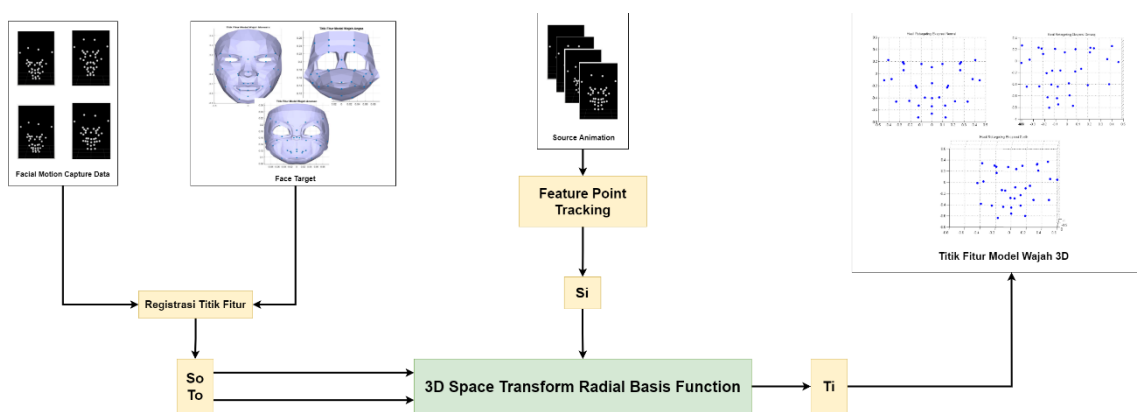
Teknik pembentukan animasi wajah yang dianggap efektif dari kecepatan produksi adalah teknik penggunaan ulang animasi wajah (*retargetting*). Cara ini mengusung penggunaan data *facial motion capture* yang kemudian di transformasikan melalui transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function*. Karakter virtual 3 dimensi yang dihasilkan mampu melakukan visualisasi ekspresi wajah yang sesuai dengan ekspresi wajah manusia dengan memiliki nilai rata-rata simpangan baku 0.0034 [1].

Teknik transformasi ruang Radial Basis Function (RBF) digunakan untuk mengatasi perbedaan morfologi pada wajah manusia yang menjadi sumber acuan ekspresi dengan wajah model 3D yang menjadi target animasi. RBF digunakan dalam menentukan posisi titik fitur pada wajah model 3D berdasarkan posisi titik marker pada citra 2D wajah manusia. [11].

Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk penggunaan ulang animasi ekspresi wajah dari data motion capture kedalam model wajah 3D. Data motion capture dan model wajah 3D melakukan registrasi titik fitur sebagai model transfer animasinya. Pada penelitian ini menggunakan 3(tiga) buah model wajah, yaitu model wajah 3D manusia, model wajah 3D angsa dan model wajah 3D anoman. Ketiga model wajah ini digunakan untuk menguji bentuk morfologis yang berbeda dari masing-masing model wajah.

**Metode Penelitian**

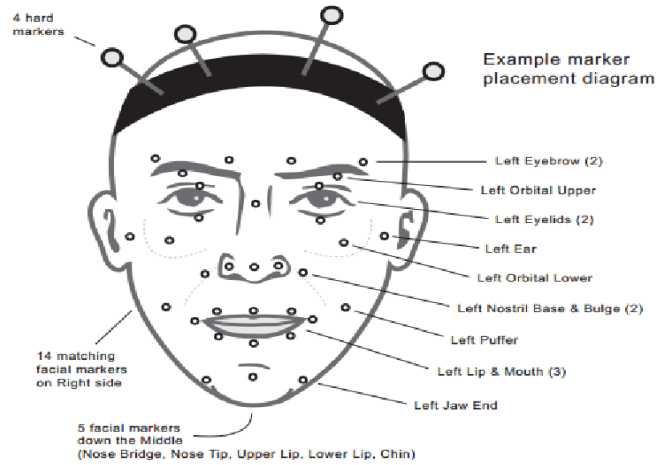
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat secara lengkap pada gambar 1. Langkah penelitian dimulai dari model akuisisi data, kemudian dilanjutkan pengembangan model wajah target. Langkah berikutnya adalah registrasi titik fitur yang kemudian dilanjutkan dengan transformasi ruang 3D berbasis radial basis function untuk menghasilkan titik fitur model wajah avatar 3D yang telah memiliki pergerakan animasi ekspresi wajah.



**Gambar 1.** Metode Penelitian Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar berbasis Radial Basis Function

### Model Akuisisi Data

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan data gerak wajah. Model akuisisi data yang digunakan berbasis motion capture menggunakan *OptiTrack Motion Capture System* dengan 6 buah kamera Flex 3 (0.3 MP, 100 FPS). Akuisisi data berbasis penanda (marker) dengan penempatan penanda pada actor mengacu pada pendekatan *Facial Action Coding System (FACS)*.



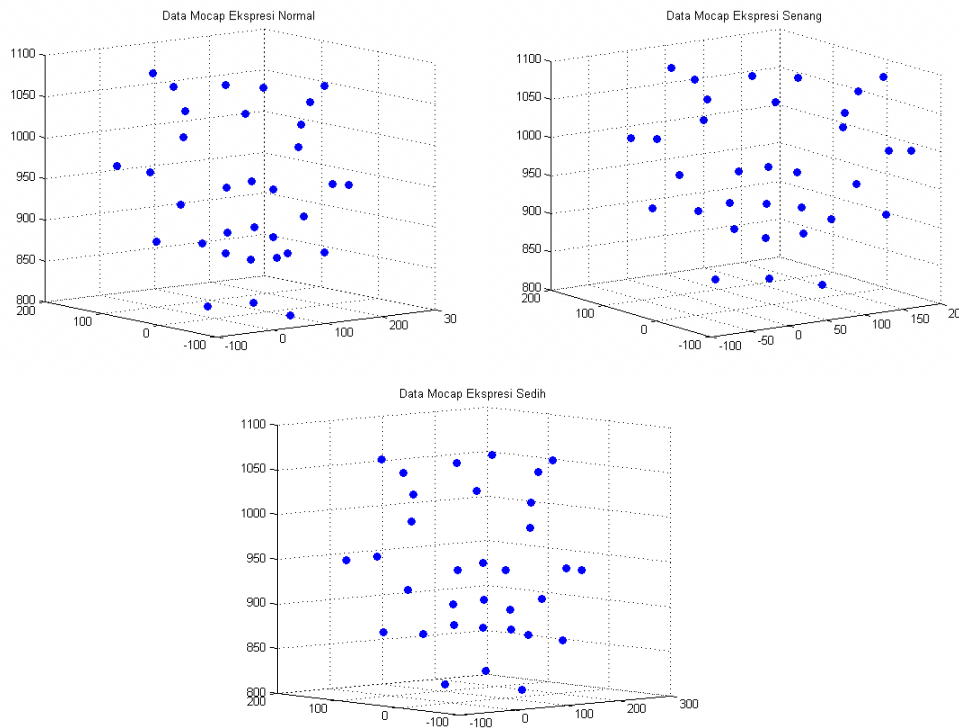
**Gambar 2.** Acuan Penempatan Titik Fitur Pada Wajah Pada Optitrack[12]

Gambar 2 merupakan acuan penempatan titik fitur pada wajah digunakan sebagai acuan untuk menempatkan penanda pada aktor. Model penempatan penanda ini membantu dalam proses perekaman data untuk mendapatkan ekspresi wajah yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Proses berikutnya merupakan proses perekaman ekspresi wajah pada aktor. Aktor akan mempergarakan 6 ekspresi dasar yaitu marah, kaget, jijik, takut, senang dan sedih [13]. Proses perekaman ekspresi dasar manusia pada aktor di gambarkan pada gambar 3 berikut ini.



**Gambar 3.** Proses Perekaman Ekspresi Wajah Pada Aktor

Hasil yang didapat dari proses perekaman ekspresi wajah pada actor berupa data *facial motion capture*. Secara umum, data *facial motion capture* terdiri dari bidang koordinat x, y, dan z. Beberapa Data *facial motion capture* yang dihasilkan dari proses perekaman ekspresi wajah pada aktor disajikan dalam bentuk koordinat berikut ini.

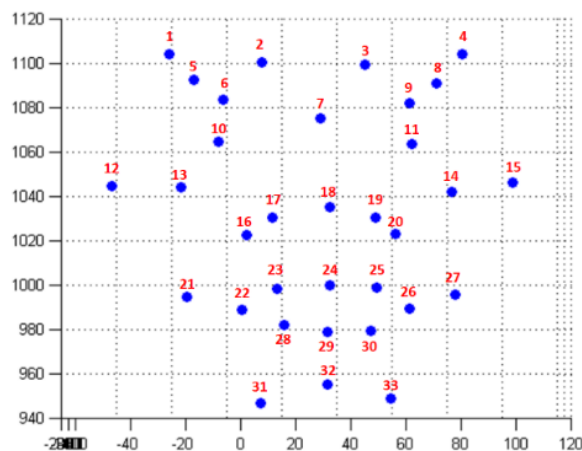


Gambar 4. Data Facial Motion Capture Hasil Perekaman Ekspresi Wajah pada Aktor dalam Sistem Koordinat

Data facial motion capture ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang radial basis function untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah karakter.

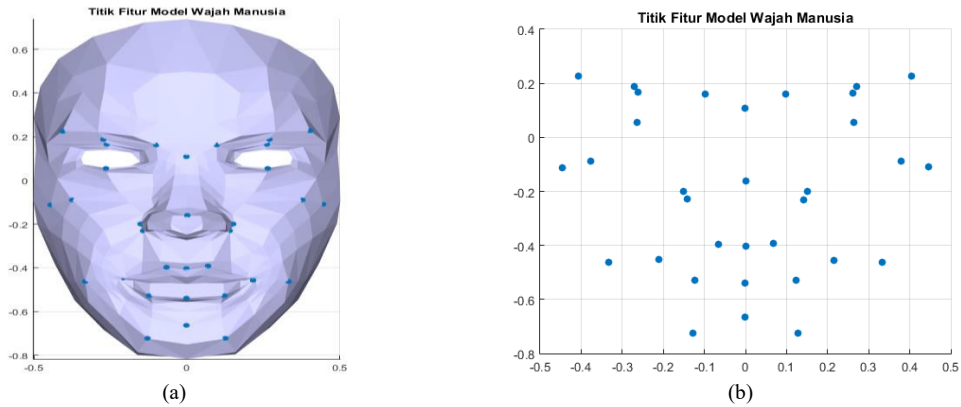
**Facial Rigging**

Facial rigging merupakan proses pembuatan kendali wajah untuk melakukan pembentukan animasi yang dilakukan oleh animator. Pada penelitian ini proses facial rigging dilakukan pada tiap model dari karakter wajah yang digunakan. Proses pembentukan facial rigging berupa pemberian titik fitur pada topeng wajah yang mengacu pada pendekatan FACS yang digunakan dalam optitrack motion capture system [14] seperti pada gambar 2. Untuk mempermudah dalam proses penggunaan ulang animasi pada model wajah serta memberikan analisa terhadap perpindahan titik fitur yang ada, lokasi titik fitur wajah diberi nomor secara manual. Pemberian nomor tersebut juga bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan pengaksesan data koordinat sehingga ketika proses perindahan titik fitur tidak terlihat secara visual masih dapat dilakukan pengamatan terhadap perubahan data yang terjadi.

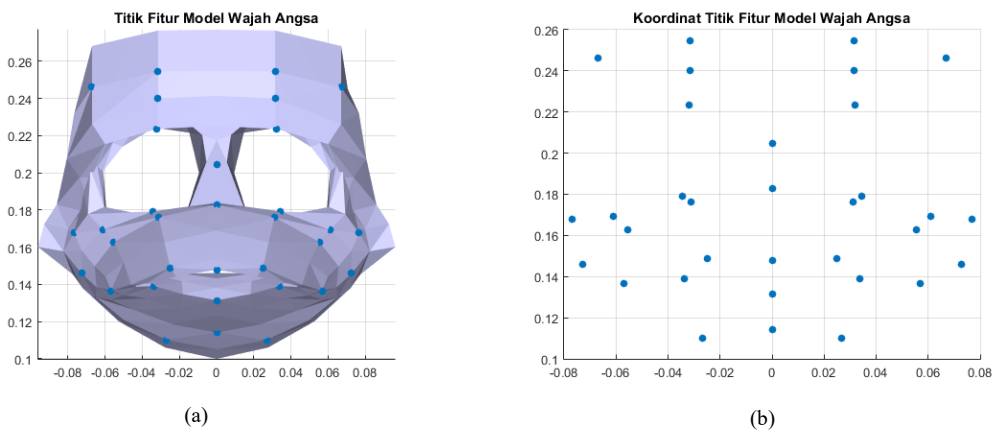


Gambar 5. Pemberian nomor pada titik fitur wajah

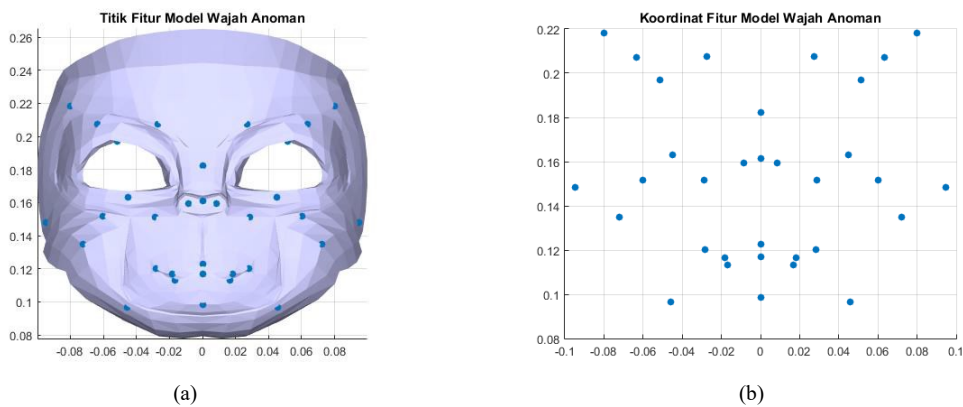
Proses *facial rigging* ini dilakukan secara manual pada tiap model avatar. Hasilnya dari proses *facial rigging* ini berupa data koordinat titik fitur topeng wajah dari model avatar yang digunakan. Koordinat titik fitur topeng wajah tersebut akan digunakan sebagai centroid proses *retargeting*. Data *facial motion capture* ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang *radial basis function* untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah avatar. Penelitian ini menggunakan 3 model wajah avatar, yaitu manusia, angsa dan anoman.



Gambar 6. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar manusia. (b) Titik fitur model wajah avatar manusia dalam sistem koordinat



Gambar 7. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar angsa. (b) Titik fitur model wajah avatar angsa dalam sistem koordinat



Gambar 8. (a) Lokasi titik fitur pada model avatar karakter anoman. (b) Titik fitur model wajah avatar anoman dalam sistem koordinat

Hasil yang didapatkan dalam proses registrasi pada model wajah avatar berupa data koordinat titik fitur model avatar karakter.

### Radial Basis Function

Radial Basis Functions (RBF) sering dipakai pada aplikasi grafika komputer dalam proses perkiraan dan interpolasi permukaan. Pada penelitian ini, RBF digunakan sebagai transformasi ruang. Untuk melakukan hal ini, didefinisikan terlebih dahulu dua buah ruang dengan dua buah himpunan titik fitur. Misalkan saja  $S_0$  sebagai himpunan titik fitur sumber,  $T_0$  sebagai himpunan titik fitur target, dan  $N$  adalah ukuran himpunan. Setiap titik pengendali  $\vec{t}_t \in T_0$  memiliki hubungan dengan  $t_i \in T_0$ . Setelah dilakukan pelatihan dengan dua buah himpunan titik fitur tersebut, RBF dapat melakukan transformasi posisi dari ruang sumber ke ruang target dengan perumusan RBF:

$$F(\vec{S}_j) = \sum_{i=1}^N \vec{W}_i \cdot h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$$

Dengan

$$h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|) = \sqrt{(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)^2 + sc_j^2} \quad (\text{fungsi muti-kuadrik})$$

$$sc_j = \min_{j \neq 1} \|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|$$

Pelatihan jaringan terdiri atas proses penyelesaian 3 sistem linier dari persamaan  $N$  (pada kasus 3 dimensional) seperti:

$$\vec{t}_j = F(\vec{S}_j)$$

Misalkan  $H$  adalah sebuah matrik seperti  $H_{ij} = h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$  dan  $T_x = (t_1^x t_2^x \dots t_N^x)^t$  dimana  $t_j^x$  adalah koordinat  $x$  dari  $\vec{t}_j$ . Maka dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan (3.2), sistem dapat didefinisikan sebagai:

$$T_x = H \cdot W_x$$

dengan bobot  $W_x = (w_1^x w_2^x \dots w_N^x)^t$ . Sehingga untuk menyelesaikan system dihitunglah nilai  $W_x = H^{-1} T_x$ . Sekali jaringan RBF dilatih untuk setiap sumbu, posisi di ruang target  $\vec{t}$  untuk setiap titik  $\vec{s}$  dari ruang sumber didapatkan dengan menerapkan transformasi  $F(\vec{s})$ .

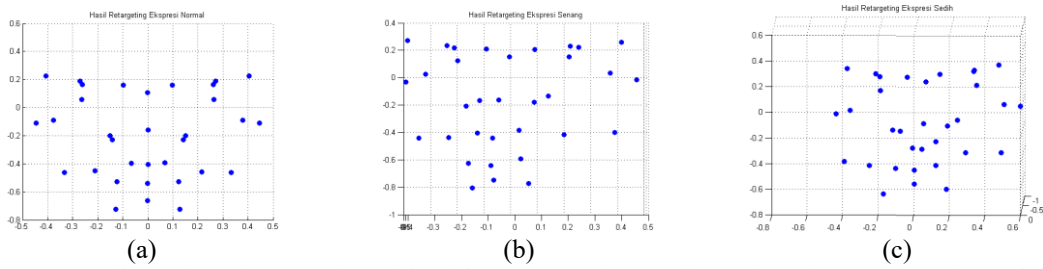
## Hasil dan Pembahasan

### Inisialiasasi

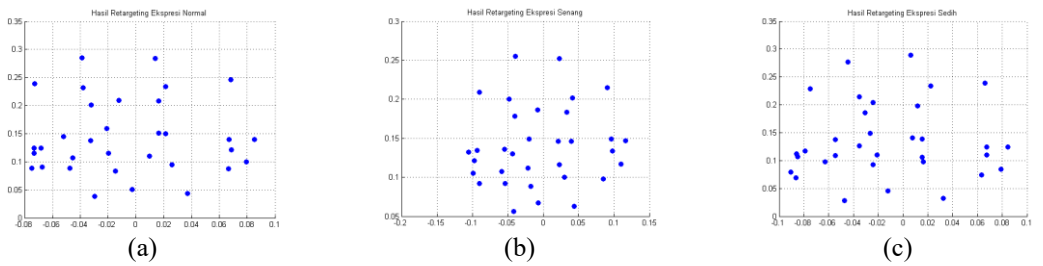
Transformasi ruang menggunakan *radial basis function* digunakan sebagai cara untuk melakukan transformasi ruang ekspresi wajah antara data *facial motion capture* dan target model wajah. Bentuk morfologis wajah manusia secara umum sangat bervariasi dan memiliki perbedaan dengan bentuk morfologis karakter 3D seperti karakter kartun, monster ataupun binatang. Hal ini mengakibatkan pergerakan dari titik fitur yang menggunakan wajah manusia sebagai sumber data animasi tidak dapat langsung dipergunakan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan data animasi tersebut seperti skala dan orientasi.

Transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function* (RBF) memberikan solusi untuk mengatasi hal tersebut. Titik fitur dari wajah sumber didefinisikan sebagai ruang sumber dan titik fitur dari model wajah target didefinisikan sebagai ruang target. Ada 2 tahapan dalam *radial basis function*, tahap pertama yaitu tahap inisialiasasi dan tahap kedua yaitu tahap *testing* yang digunakan sebagai tahapan untuk menentukan (prediksi) posisi penanda pada *frame* berikutnya dalam model wajah 3D. Sebagai tahapan awal ditentukan terlebih dahulu dua ruang perpindahan dengan dua set data titik fitur. Titik  $S_0$  didefinisikan sebagai titik fitur data *facial motion capture*,  $T_0$  didefinisikan sebagai titik fitur target wajah dan  $N$  sebagai banyaknya jumlah dari data yang dipakai. Pada penelitian ini menggunakan 33 titik fitur wajah sehingga nilai  $N = 33$ .

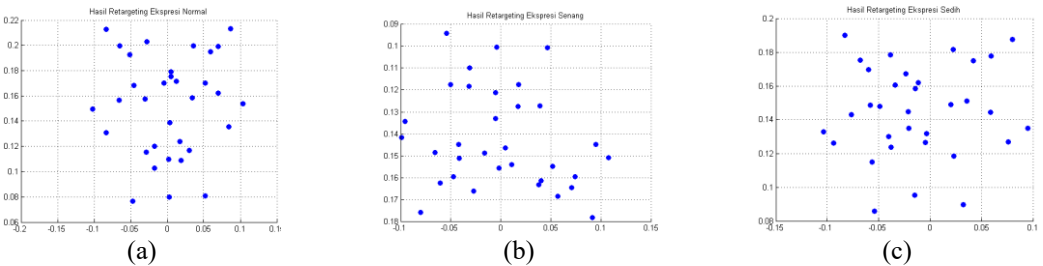
Hasil dari proses transformasi ruang RBF berupa koordinat baru pada titik fitur model wajah. Koordinat titik fitur baru pada model wajah jika digerakkan sesuai dengan pergerakan *frame* pada data *facial motion capture* akan melakukan pergerakan yang sama. Gambar berikut ini menampilkan beberapa sampel hasil perpindahan transformasi ruang RBF pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman dalam sistem koordinat.



**Gambar 9.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Manusia (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih



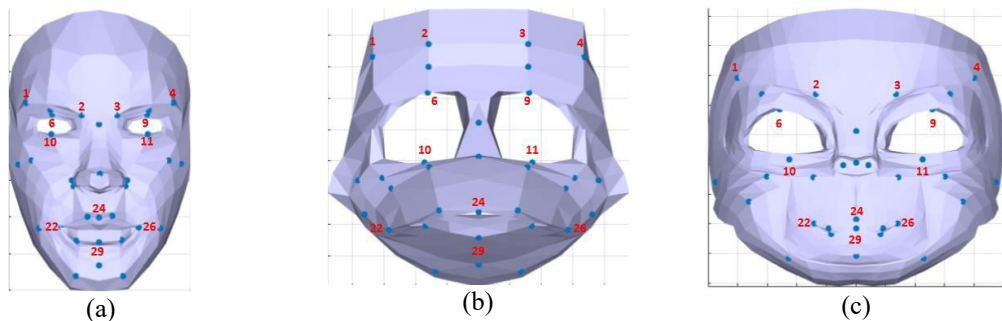
**Gambar 10.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Angsa (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih



**Gambar 11.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Anoman (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

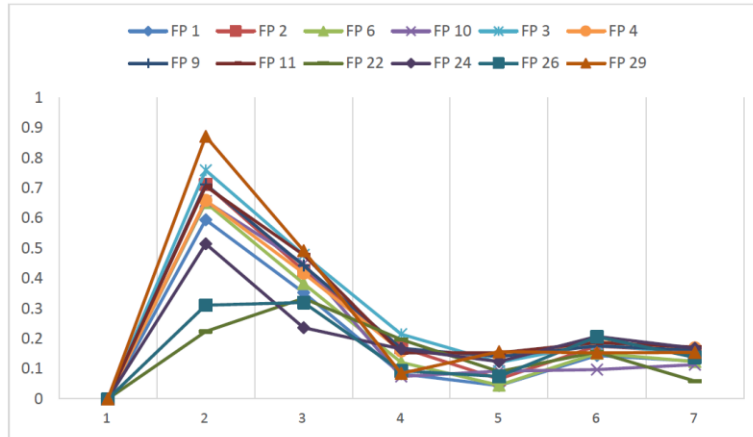
**Testing**

Tahapan testing transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dilakukan dengan melakukan pemilihan terhadap titik fitur dari data *facial motion capture* yang mewakili area gerak wajah dalam pembentukan ekspresi wajah. Titik fitur 1,2,6 dan 10 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kanan. Titik fitur 3,4,9 dan 11 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kiri dan titik fitur 22, 24, 26 dan 29 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mulut. Secara lengkap, ilustrasi pemilihan titik fitur dapat dilihat pada gambar 12.

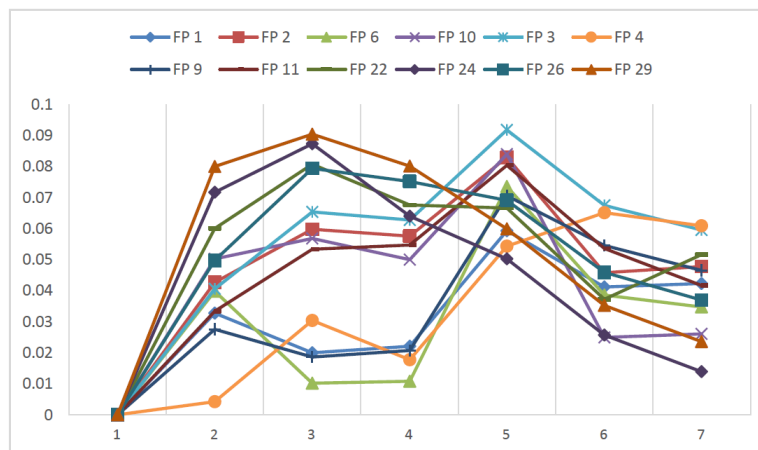


**Gambar 12.** Posisi Titik Fitur Yang Digunakan Sebagai Pembahasan Pada Model Wajah Avatar (a) Manusia (b) Angsa (c) Anoman.

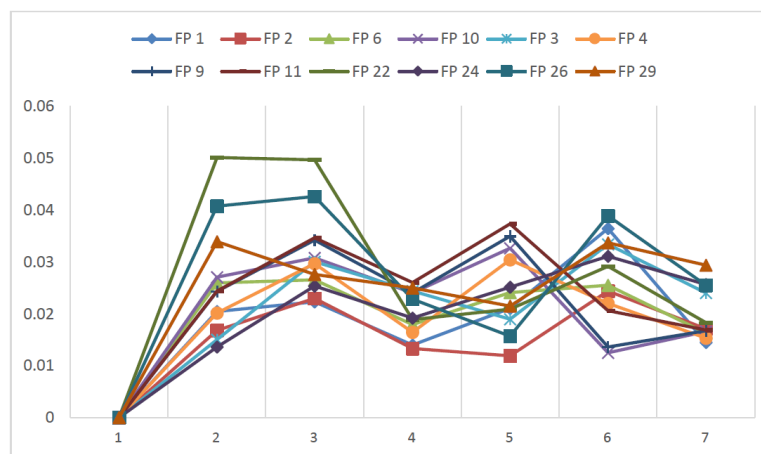
Pada pembahasan ini, digunakan data berupa 7 *frame* dari data *facial motion capture* dan data hasil dari proses transformasi ruang RBF. Data *facial motion capture* digunakan sebagai acuan untuk mengetahui terjadinya perpindahan titik fitur. Ketika titik fitur dari data *facial motion capture* berubah, maka semua titik fitur pada model wajah target bergerak sesuai dengan data sumbernya.



Gambar 13. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Manusia



Gambar 14. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Angsa



Gambar 15. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Anoman.

Pada frame ke-0, data perubahan perpindahan titik fitur bernilai 0, hal ini dikarenakan frame 0 merupakan *frame* dimana pergerakan titik fitur dimulai. Pada frame selanjutnya (1 – 6) terjadi perpindahan frame yang menandakan adanya pergerakan titik fitur.

Dari grafik diketahui bahwa terjadi perpindahan titik fitur wajah pada model wajah karakter manusia. Proses perpindahan titik fitur wajah terjadi secara linier dan bergantung pada banyaknya mesh wajah serta bagaimana bentuk morfologis dari model yang digunakan. Bentuk morfologis manusia atau yang mirip dengan manusia digambarkan dengan grafik yang hampir sama, sedangkan untuk model wajah yang memiliki morfologis berbeda seperti angsa dengan bibirnya yang lebar, memiliki grafik perpindahan yang berbeda.

Tingkat kesesuaian hasil proses transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dihitung dengan menggunakan pendekatan standar deviasi atau simpangan baku antara data *facial motion capture* dengan data hasil proses transformasi RBF. Hasil rata-rata perhitungan standar deviasi untuk semua titik fitur pembentuk animasi wajah pada model wajah 3D dapat dilihat pada tabel.

**Tabel 1.** Simpangan Baku Hasil Proses Transformasi RBF pada Model Wajah 3D

Titik Fitur	Simpangan Baku Model Wajah 3D		
	Manusia	Angsa	Anoman
1	0.1945	0.0177	0.0102
2	0.2274	0.0233	0.0075
3	0.2397	0.0265	0.0102
4	0.2027	0.0251	0.0095
6	0.2118	0.0231	0.0088
9	0.2218	0.0224	0.0113
10	0.2251	0.0251	0.0107
11	0.2235	0.0228	0.0115
22	0.1038	0.0247	0.0167
24	0.1457	0.0299	0.0096
26	0.1122	0.0255	0.0144
29	0.2848	0.0314	0.0108
Rerata simpangan baku	0.0510	0.0034	0.0024

Hasil transformasi ruang pada model wajah 3D memiliki rerata simpangan baku 0,0510 pada model wajah karakter manusia, 0,0034 rerata simpangan baku pada model wajah karakter angsa dan 0,0024 rerata simpangan baku pada model wajah karakter anoman.

## Kesimpulan

Transformasi ruang 3D untuk membentuk animasi pada titik fitur model wajah avatar dengan metode radial basis function dan menggunakan data *facial motion capture* telah berhasil dilakukan. Penelitian ini menggunakan 3 buah sampel model wajah avatar 3D, yaitu model wajah avatar manusia, model wajah avatar angsa dan model wajah avatar anoman. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar manusia memiliki rerata simpangan baku 0,0510. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar angsa memiliki rerata simpangan baku 0,0034. Dan hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar anoman memiliki simpangan 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avata dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

Tahapan selanjutnya perlu dilakukan skinning agar data motion data pada model wajah avatar dapat membentuk animasi dengan sempurna. Tahapan lain dari penelitian untuk meningkatkan uji kehandalan dari transformasi ruang 3D perlu dilakukan penambahan model wajah avatar terutama yang memiliki perbedaan morfologis yang berbeberda supaya hasil transformasi ruang 3D mendapatkan hasil yang maksimal dari berbagai macam model wajah avatar. Model fungsi RBF yang lain seperti gaussian, invers kuadrik dan invers multi-kuradrik perlu diterapkan juga untuk mendapatkan uji model dari fungsi RBF yang terbaik.

---

**Daftar Pustaka**

- [1] M. B. Nendya, "Animasi Ekspresi Wajah Pada Karakter Virtual 3 Dimensi Berbasis Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–84, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.899.
- [2] S. G. Gunanto, "Evaluasi Sintesis Ekspresi Wajah Realistik pada Sistem Animasi Wajah 3D dengan Teknologi Motion Capture," *REKAM J. Fotogr. Telev. dan Animasi*, vol. 14, no. 2, pp. 87–96, 2018, doi: 10.24821/rekam.v14i2.1747.
- [3] A. Fudholi, "Animasi Interaktif Pembelajaran Pengenalan dan Perancangan Jaringan Komputer," *Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. dan Log.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–40, 2015.
- [4] I. A. Zulkarnain, "Optimalisasi Face Rigging Pada Pembuatan Karakter Animasi 3D," *J. SITECH Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 185–192, 2019, doi: 10.24176/sitech.v2i2.3920.
- [5] S. Chin, C. Y. Lee, and J. Lee, "An automatic method for motion capture-based exaggeration of facial expressions with personality types," *Virtual Real.*, vol. 17, no. 3, pp. 219–237, 2013, doi: 10.1007/s10055-013-0227-8.
- [6] M. B. Nendya and S. G. Gunanto, "ANIMASI EKSPRESI WAJAH PADA AVATAR BERBASIS FEATURE- POINT CLUSTER B-86 B-87," *Pros. SENTIA 2014-Politeknik Negeri Malang*, vol. 6, pp. 86–90, 2014.
- [7] A. J. Sijabat, "Motion Capture Dalam Penciptaan Gerak Natural Karakter Alita Dalam Film 'Alita: Battle Angel,'" *Pros. Semin. Nas. Cendekiawan*, p. 2, 2019, doi: 10.25105/semnas.v0i0.5816.
- [8] L. Husniah, H. Wibowo, and M. Yuniarno, "Facial Rigging untuk Karakter 3D Berbasis Facial Action Coding System (FACS)," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–30, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.896.
- [9] F. I. Parke, "Computer generated animation of face," *Proc. ACM Annu. Conf.*, vol. 1, pp. 451–457, 1972.
- [10] J. Bennett and C. Carter, "Adopting Virtual Production For Animated Filmmaking," pp. 81–86, 2014, doi: 10.5176/2251-1679\_cgat14.21.
- [11] T. Troy and P. Pranowo, "Transformasi Ruang 2D Ke 3D Pada Animasi Wajah Berbasis Data Marker Menggunakan Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 2, no. 2, p. 229, 2016, doi: 10.24821/jags.v2i2.1422.
- [12] K. El-Haddad, H. Çakmak, E. Gilmartin, S. Dupont, and T. Dutoit, "Towards a listening agent: A system generating audiovisual laughs and smiles to show interest," *ICMI 2016 - Proc. 18th ACM Int. Conf. Multimodal Interact.*, pp. 248–255, 2016, doi: 10.1145/2993148.2993182.
- [13] S. Sumpeno, M. Hariadi, and M. H. Purnomo, "Facial emotional expressions of life-like character based on text classifier and fuzzy logic," *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 38, no. 2, pp. 122–133, 2011.
- [14] M. B. Nendya, E. M. Yuniarno, and S. Sumpeno, "Clustering Titik Fitur Model Wajah 3D Menggunakan K-Nearest Neighbour," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 07, no. 01, pp. 19–24, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uc.ac.id/index.php/JUISI/article/view/1739>.

Submissions

Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Expresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function

Matahari Bhakti Nendya, Eko Mulyanto Yuniarno

- Submission
- Review
- Copyediting**
- Production

Round 1

Reviewer's Attachments [Search](#)

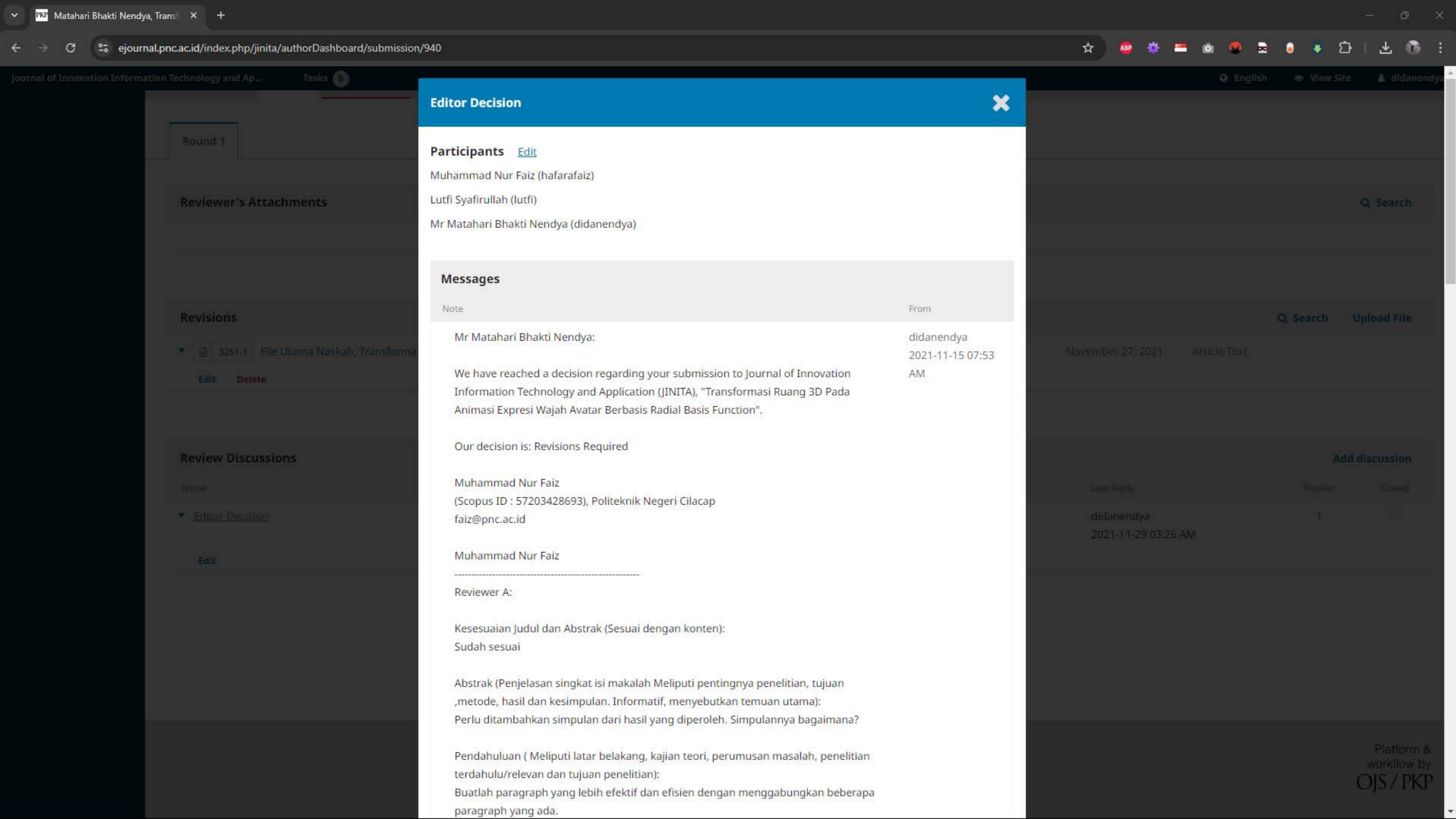
No Files

Revisions [Search](#) [Upload File](#)

3261-1	File Utama Naskah, Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function - Revisi.docx	November 27, 2021	Article Text
	<a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>		

Review Discussions [Add discussion](#)

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
<a href="#">Editor Decision</a>	didanendya 2021-11-15 07:53 AM	didanendya 2021-11-29 03:26 AM	1	<input type="checkbox"/>
	<a href="#">Edit</a>			



### Editor Decision

#### Participants [Edit](#)

- Muhammad Nur Faiz (hafarafaiz)
- Lutfi Syafirullah (lutfi)
- Mr Matahari Bhakti Nendya (didanendya)

#### Messages

Note	From
Mr Matahari Bhakti Nendya:	didanendya
We have reached a decision regarding your submission to Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA), "Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function".	2021-11-15 07:53 AM

Our decision is: Revisions Required

Muhammad Nur Faiz  
 (Scopus ID : 57203428693), Politeknik Negeri Cilacap  
 faiz@pnc.ac.id

Muhammad Nur Faiz

Reviewer A:

Kesesuaian Judul dan Abstrak (Sesuai dengan konten):  
 Sudah sesuai

Abstrak (Penjelasan singkat isi makalah meliputi pentingnya penelitian, tujuan, metode, hasil dan kesimpulan. Informatif, menyebutkan temuan utama):  
 Perlu ditambahkan simpulan dari hasil yang diperoleh. Simpulannya bagaimana?

Pendahuluan (Meliputi latar belakang, kajian teori, perumusan masalah, penelitian terdahulu/relevan dan tujuan penelitian):  
 Buatlah paragraph yang lebih efektif dan efisien dengan menggabungkan beberapa paragraph yang ada.



Matahari Bhakti Nendya &lt;didanendya@ti.ukdw.ac.id&gt;

**[jinita] Editor Decision**

1 message

**Muhammad Nur Faiz** <ejournal.pnc@gmail.com>

Mon, Nov 15, 2021 at 2:53 PM

To: Mr Matahari Bhakti Nendya &lt;didanendya@ti.ukdw.ac.id&gt;

Mr Matahari Bhakti Nendya: We have reached a decision regarding your submission to Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA), "Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function". Our decision is: Revisions Required Muhammad Nur Faiz (Scopus ID : 57203428693), Politeknik Negeri Cilacap [faiz@pnc.ac.id](mailto:faiz@pnc.ac.id) Muhammad Nur

Faiz ----- Reviewer

A: Kesesuaian Judul dan Abstrak (Sesuai dengan konten): Sudah sesuai Abstrak (Penjelasan singkat isi makalah Meliputi pentingnya penelitian, tujuan ,metode, hasil dan kesimpulan. Informatif, menyebutkan temuan utama): Perlu ditambahkan simpulan dari hasil yang diperoleh. Simpulannya bagaimana? Pendahuluan ( Meliputi latar belakang, kajian teori, perumusan masalah, penelitian terdahulu/relevan dan tujuan penelitian):

Buatlah paragraph yang lebih efektif dan efisien dengan menggabungkan beberapa paragraph yang ada. Isi pada pendahuluan perlu meng-highlight pada masalah yang ada, pendekatan metode berdasarkan pada penelitian terdahulu (state-of-the-art) dan tujuan yang dikemukakan. Metode Penelitian (Alat dan Bahan, dataset, cara pengumpulan data, Desain sistem dan rancangan penelitian. Prosedur analisis data. Validasi hasil penelitian, framework):

Sudah bagus, cuma perlu perlu memperbesar gambar agar tulisan dapat terbaca Hasil dan Pembahasan (Proses dan analisis data harus sesuai dengan rancangan penelitian dan tujuan. Tabel, grafik dan gambar ditulis dengan jelas, dan diberikan deskripsinya. Kebaruan (novelty) dari hasil penelitian dikaitkan dengan hasil penelitian/ literatur sebelumnya yang ditandai dengan pencantuman sitasi ): Secara umum sudah oke, hanya saja perlu penambahan sitasi gambar dan tabel serta pemabahasannya Kesimpulan ( Hasil analsis dan validasi sistem. Kesimpulan harus konsisten antara masalah, tujuan dan hasil penelitian. Ditulis tidak dalam bentuk pointer, tetapi narasi. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya ).: Sudah Oke Daftar Pustaka ( Style IEEE, Jumlah referensi minimum adalah 10. Semua referensi dalam daftar referensi harus dikutip dalam badan artikel. Referensi 80% sumber primer jurnal dan prosiding dalam lima tahun terakhir): Perlu diupdate dan ditambah sesuai dengan acuan jurnal yaitu 5 tahun terakhir dan minimal

10. ----- Reviewer

B: Kesesuaian Judul dan Abstrak (Sesuai dengan konten): Judul sudah sesuai dengan isi artikel Abstrak (Penjelasan singkat isi makalah Meliputi pentingnya penelitian, tujuan ,metode, hasil dan kesimpulan. Informatif, menyebutkan temuan utama): Abstrak sebaiknya dimasukan permasalahan yang dihadapi, sehingga akhirnya mengusulkan metode yang diusulkan. Pendahuluan ( Meliputi latar belakang, kajian teori, perumusan masalah, penelitian terdahulu/relevan dan tujuan penelitian): Pertegas Gap reseach dari penelitian, meskipun terdapat statement "Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk penggunaan ulang animasi ekspresi wajah dari data motion capture kedalam model wajah 3D", akan tetapi ini memperlihatkan apa perbedaan ini ini dengan penelitian yng serupa dan terkait. Radial Basis Function (RBF) dalam penelitian ini hanya dilakukan penerapan, apakah terdapat optimasi model? Apa inikator performance model yang ingin dicapai dalam peneelitian ini, seabaimana dipertegas. Metode Penelitian (Alat dan Bahan, dataset, cara pengumpulan data, Desain sistem dan rancangan penelitian. Prosedur analisis data. Validasi hasil penelitian, framework): - Data penelitian sebaiknya lebih jelas identitasnya - tahapn penelitian sudah dijelaskan dengan cukup baik. Hasil dan Pembahasan (Proses dan analisis data harus sesuai dengan rancangan penelitian dan tujuan. Tabel, grafik dan gambar ditulis dengan jelas, dan diberikan deskripsinya. Kebaruan (novelty) dari hasil penelitian dikaitkan dengan hasil penelitian/ literatur sebelumnya yang ditandai dengan pencantuman sitasi ): Bagaimana dengan tingkat akurasi model yang

diusulkan, apabila disesuaikan dengan simpangan baku yang dihasilkan? Bagaimana dengan hasil dari nilai parameter lain apabila diterapkan, tidak hanya pada fokus titik fitur? Kesimpulan ( Hasil analisis dan validasi sistem. Kesimpulan harus konsisten antara masalah, tujuan dan hasil penelitian. Ditulis tidak dalam bentuk pointer, tetapi narasi. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya ).: sudah cukup jelas Daftar Pustaka ( Style IEEE, Jumlah referensi minimum adalah 10. Semua referensi dalam daftar referensi harus dikutip dalam badan artikel. Referensi 80% sumber primer jurnal dan prosiding dalam lima tahun terakhir): daftar pustaka sudah sesuai -----

Journal

---

of Innovation Information Technology and Application  
(JINITA) <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jinita>



**Transformasi\_Ruang\_3D\_Pada\_Animasi\_Expresi\_Wajah\_A.pdf**  
2667K

# Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function

*By* Matahari Bhakti Nendya

## Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis *Radial Basis Function*

### *3D Space Transform on Facial Animation of life-like Avatar Based on Radial Basis Function*

#### Abstrak

Salah satu teknik pembentukan animasi wajah pada avatar dengan menggunakan ulang animasi yang ada baik dari animasi avatar lain atau animasi dari data gerak yang diperoleh menggunakan *facial motion capture*. Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk pembentukan animasi wajah pada avatar dalam game atau film animasi. Transformasi dilakukan dari data motion capture ke dalam model wajah avatar 3D dengan 3 model wajah yaitu model wajah manusia, model wajah angsa dan model wajah anoman. Data motion capture ditransfer sesuai dengan titik fitur model wajah. Hasil yang didapatkan titik fitur model wajah akan memiliki animasi yang sesuai dengan data motion capture. Dari 3 model wajah target yang digunakan, hasil animasi dengan registrasi pada model wajah manusia memiliki rata-rata simpangan baku 0,0510. Pada model wajah angsa memiliki rata-rata simpangan baku 0,0034 dan pada model wajah anoman memiliki rata-rata simpangan baku 0,0024.

**Kata Kunci:** animasi wajah, avatar, data motion capture, transformasi ruang 3D, radial basis function.

#### Abstract

One technique for forming facial animations on avatars is by reusing existing animations, either from other avatar animations or animations from motion data obtained using facial motion capture. This research focuses on the transformation of 3D space for the formation of facial animations on avatars in games or animated films. The transformation is carried out from motion capture data into a 3D avatar face model with 3 face models, namely the human face model, the swan face model and the anoman face model. The motion capture data is transferred according to the feature points of the face model. The results obtained by the facial model feature points will have animations that match the motion capture data. Of the 3 target face models used, the animation results with registration on the human face model have an average standard deviation is 0,0510. The goose face model has an average standard deviation is 0.0034 and the anoman face model has an average standard deviation is 0,0024.

**Keywords:** facial animation, life-like avatar, motion capture data, 3D space transform, radial basis function.

#### Pendahuluan

Salah satu bentuk dari penggunaan karakter digital adalah avatar. Avatar berperan sebagai representasi personal seseorang dalam dunia digital. Bentuk representasi personal dengan menggunakan avatar dapat berupa orang, robot, superhero, karakter kartun atau binatang. Avatar dalam *game* ber-*genre* *Real Time Strategy* (RTS) direpresentasikan dalam bentuk wajah dari karakter yang digunakan. Bentuk karakter wajah tersebut sangat erat kaitannya dengan animasi wajah karena memperkuat keberadaan karakter [1].

Teknik tradisional pembentukan animasi ekspresi model wajah tergantung pada kemampuan seniman untuk membuat gerakan kunci dan menggabungkannya menjadi serangkaian gerakan ekspresi wajah [2]. Video game dengan aturan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah sebagai media komunikasi atau interaksi dengan area permainannya [3]. Keterbatasan sumber daya seringkali membuat hal ini ditiadakan. Akan tetapi dengan munculnya sistem permainan yang diselingi film animasi yang berupa *cut scene*, animasi ekspresi wajah menjadi hal yang mutlak untuk memberikan aspek hiburan bagi pemain [4].

Game dengan aturan permainan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah dalam melakukan komunikasi atau interaksi dengan area permainannya. Karena sumber daya yang terbatas, animasi wajah dalam game sering ditiadakan. Namun akhir-akhir ini dengan munculnya sistem permainan

\*) Penulis Korespondensi:

game yang diselingi film animasi didalamnya menuntut keberadaan animasi ekspresi wajah yang mutlak ada untuk memberikan aspek hiburan dan cerita bagi si pemain [1].

Ekspresi wajah memiliki peran penting dalam model komunikasi nonverbal [5]. Untuk menghasilkan model ekspresi yang natural pada avatar, digunakan teknik transfer animasi dari animasi lain atau dengan menggunakan *data motion capture* wajah [6]. *Data motion capture* yang digunakan berasal dari wajah manusia yang kemudian dipindai melalui *facial motion capture* berdasarkan titik fitur wajah [7]. Titik fitur wajah yang digunakan mengacu pada *Facial Action Coding System (FACS)* [8] [9].

*Facial motion capture* akan menyimpan posisi dan orientasi dari satu obyek dan kemudian merekam informasi yang digunakan dalam koordinat di dunia maya [10]. Problematika yang muncul dalam menggunakan *data motion capture* ada pada pemetaan ulang titik fitur pada bentuk karakter yang berbeda secara morfologis dan skala penerapannya. [11].

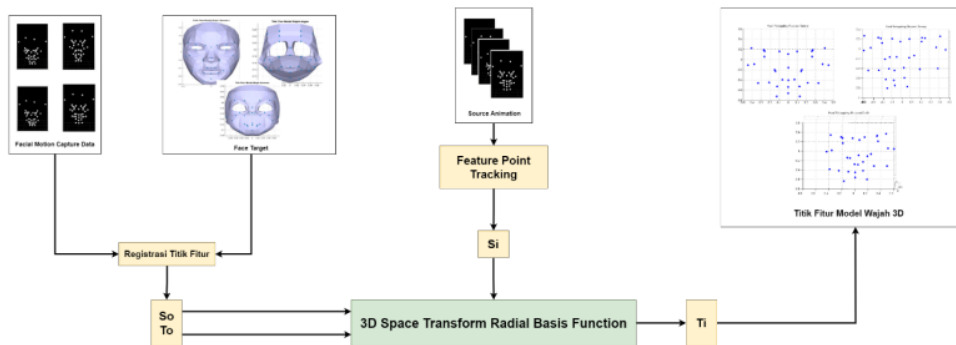
Teknik pembentukan animasi wajah yang dianggap efektif dari kecepatan produksi adalah teknik penggunaan ulang animasi wajah (*retargetting*). Cara ini mengusung penggunaan data *facial motion capture* yang kemudian di transformasikan melalui transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function*. Karakter virtual 3 dimensi yang dihasilkan memapu melakukan visualisasi ekspresi wajah yang sesuai dengan ekspresi wajah manusia dengan memiliki nilai rata-rata simpangan baku 0.0034 [1].

Teknik transformasi ruang Radial Basis Function (RBF) digunakan untuk mengatasi perbedaan morfologi pada wajah manusia yang menjadi sumber acuan ekspresi dengan wajah model 3D yang menjadi target animasi. RBF digunakan dalam menentukan posisi titik fitur pada wajah model 3D berdasarkan posisi titik marker pada citra 2D wajah manusia. [11].

Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk penggunaan ulang animasi ekspresi wajah dari data motion capture kedalam model wajah 3D. Data motion capture dan model wajah 3D melakukan registrasi titik fitur sebagai model transfer animasinya. Pada penelitian ini menggunakan 3(tiga) buah model wajah, yaitu model wajah 3D manusia, model wajah 3D angsa dan model wajah 3D anoman. Ketiga model wajah ini digunakan untuk menguji bentuk morfologis yang berbeda dari masing-masing model wajah.

#### 4 Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat secara lengkap pada gambar 1. Langkah penelitian dimulai dari model akuisisi data, kemudian dilanjutkan pengembangan model wajah target. Langkah berikutnya adalah registrasi titik fitur yang kemudian dilanjutkan dengan transformasi ruang 3D berbasis radial basis function untuk menghasilkan titik fitur model wajah avatar 3D yang telah memiliki pergerakan animasi ekspresi wajah.

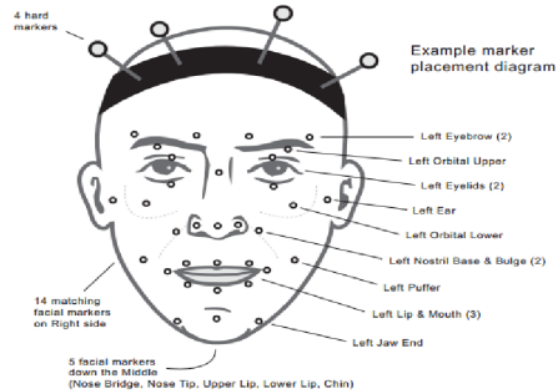


Gambar 1. Metode Penelitian Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar berbasis Radial Basis Function

#### Model Akuisisi Data

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan data gerak wajah. Model akuisisi data yang digunakan berbasis motion capture menggunakan *OptiTrack Motion Capture System* dengan 6

buah kamera Flex 3 (0.3 MP, 100 FPS). Akuisis data berbasis penanda (marker) dengan penempatan penanda pada actor mengacu pada pendekatan *Facial Action Coding System (FACS)* .



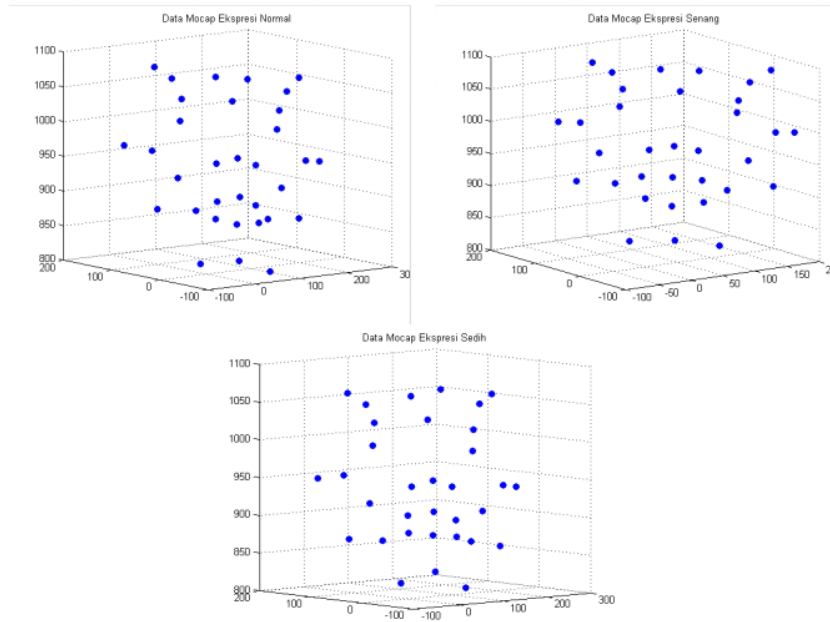
**Gambar 2.** Acuan Penempatan Titik Fitur Pada Wajah Pada Optitrack[12]

Gambar 2 merupakan acuan penempatan titik fitur pada wajah digunakan sebagai acuan untuk menempatkan penanda ada aktor. Model penempatan penanda ini membantu dalam proses perekam data untuk mendapatkan ekspresi wajah yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Proses berikutnya merupakan proses perekaman ekspresi wajah pada aktor. Aktor akan mempergarakan 6 ekspresi dasar yaitu marah, kag<sup>19</sup>jik, takut, senang dan sedih [13] . Proses perekaman ekspresi dasar manusia pada aktor di gambarkan pada gambar 3 berikut ini.



**Gambar 3.** Proses Perekaman Ekspresi Wajah Pada Aktor

Hasil yang didapat dari proses perekaman ekspresi wajah pada actor berupa data *facial motion capture* . Secara umum, data *facial motion capture* terdiri dari bidang koordinat x, y, dan z. Beberapa Data *facial motion capture* yang dihasilkan dari proses perekaman ekspresi wajah pada aktor disajikan dalam bentuk koordinat berikut ini.

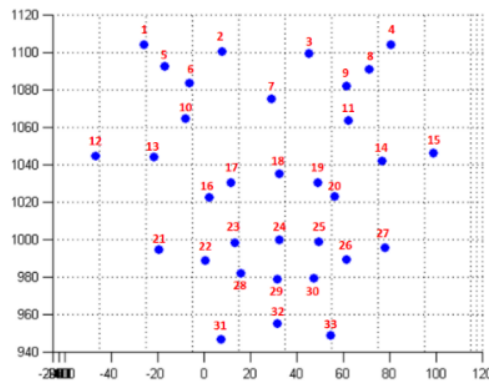


Gambar 4. Data Facial Motion Capture Hasil Perikaman Ekspresi Wajah pada Aktor dalam Sistem Koordinat

Data facial motion capture ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang radial basis function untuk dapat digunakan data gerakanya pada berbagai model wajah karakter.

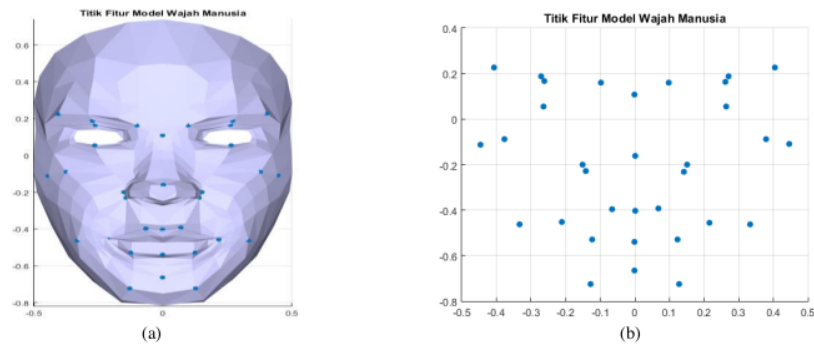
**Facial Rigging**

Facial rigging merupakan proses pembuatan kendali wajah untuk melakukan pembentukan animasi yang dilakukan oleh animator. Pada penelitian ini proses facial rigging dilakukan pada tiap model dari karakter wajah yang digunakan. Proses pembentukan facial rigging berupa pemberian titik fitur pada topeng wajah yang mengacu pada pendekatan FACS yang digunakan dalam optitrack motion capture system [14] seperti pada gambar 2. Untuk mempermudah dalam proses penggunaan ulang animasi pada model wajah serta memberikan analisa terdapat perpindahan titik fitur yang ada, lokasi titik fitur wajah diberi nomor secara manual. Pemberian nomor tersebut juga bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan pengaksesan data koordinat sehingga ketika proses perpindahan titik fitur tidak terlihat secara visual masih dapat dilakukan pengamatan terhadap perubahan data yang terjadi.

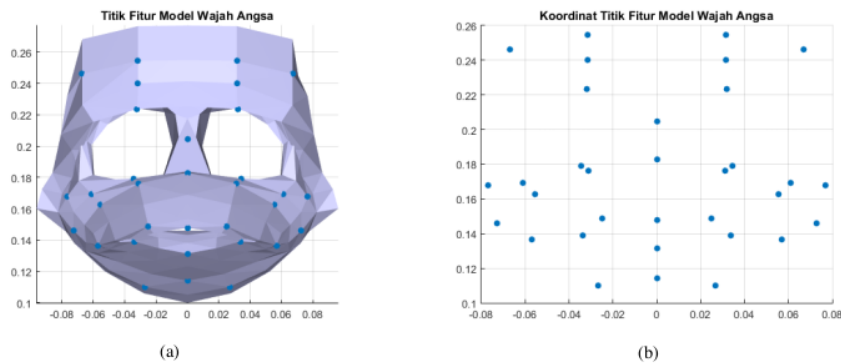


Gambar 5. Pemberian nomor pada titik fitur wajah

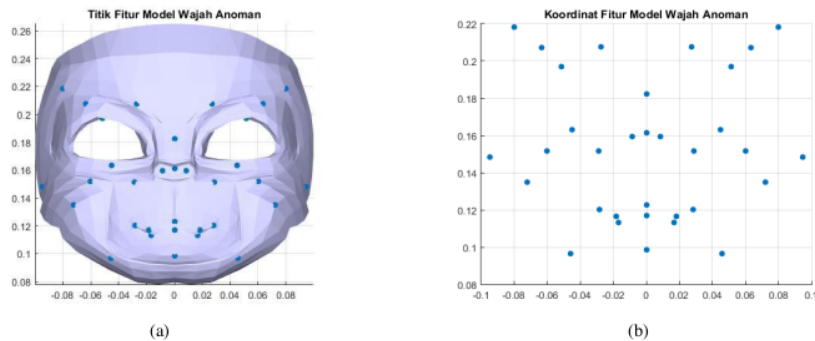
Proses *facial rigging* ini dilakukan secara manual pada tiap model avatar. Hasilnya dari proses *facial rigging* ini berupa data koordinat titik fitur topeng wajah dari model avatar yang digunakan. Koordinat titik fitur topeng wajah tersebut akan digunakan sebagai centroid proses *retargeting*. Data *facial motion capture* ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang *radial basis function* untuk dapat digunakan data gerakannya pada berbagai model wajah avatar. Penelitian ini menggunakan 3 model wajah avatar, yaitu manusia, angsa dan anoman.



**Gambar 6.** (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar manusia. (b) Titik fitur model wajah avatar manusia dalam sistem koordinat



**Gambar 7.** (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar angsa. (b) Titik fitur model wajah avatar angsa dalam sistem koordinat



**Gambar 8.** (a) Lokasi titik fitur pada model avatar karakter anoman. (b) Titik fitur model wajah avatar anoman dalam sistem koordinat

Hasil yang didapatkan dalam proses registrasi pada model wajah avatar berupa data koordinat titik fitur model avatar karakter.

### Radial Basis Function

Radial Basis Functions (RBF) sering dipakai pada aplikasi grafika komputer dalam proses perkiraan dan interpolasi permukaan. Pada penelitian ini, RBF digunakan sebagai transformasi ruang. Untuk melakukan hal ini, didefinisikan terlebih dahulu dua buah ruang dengan dua buah himpunan titik fitur. Misalkan saja  $S_0$  sebagai himpunan titik fitur sumber,  $T_0$  sebagai himpunan titik fitur target, dan  $N$  adalah ukuran himpunan. Setiap titik pengendali  $\vec{t}_i \in T_0$  memiliki hubungan dengan  $t_i \in T_0$ . Setelah dilakukan pelatihan dengan dua buah himpunan titik fitur tersebut, RBF dapat melakukan transformasi posisi dari ruang sumber ke ruang target dengan perumusan RBF:

$$F(\vec{S}_j) = \sum_{i=1}^N \vec{W}_i \cdot h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_i\|)$$

Dengan

$$h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_i\|) = \sqrt{(\|\vec{S}_j - \vec{S}_i\|)^2 + s_c^2} \quad (\text{fungsi muti-kuadrik})$$

$$s_c = \min_{j \neq 1} \|\vec{S}_j - \vec{S}_1\|$$

Pelatihan jaringan terdiri atas proses penyelesaian 3 sistem linier dari persamaan  $N$  (pada kasus 3 dimensional) seperti:

$$\vec{t}_j = F(\vec{S}_j)$$

Misalkan  $H$  adalah sebuah matriks seperti  $H_{ij} = h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_i\|)$  dan  $T_x = (t_1^x t_2^x \dots t_N^x)^t$  dimana  $t_j^x$  adalah koordinat  $x$  dari  $\vec{t}_j$ . Maka dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan (3.2), sistem dapat didefinisikan sebagai:

$$T_x = H \cdot W_x$$

dengan bobot  $W_x = (w_1^x w_2^x \dots w_N^x)^t$ . Sehingga untuk menyelesaikan system dihitunglah nilai  $W_x = H^{-1} T_x$ . Sekali jaringan RBF dilatih untuk setiap sumbu, posisi di ruang target  $\vec{t}$  untuk setiap titik  $\vec{s}$  dari ruang sumber didapatkan dengan menerapkan transformasi  $F(\vec{s})$ .

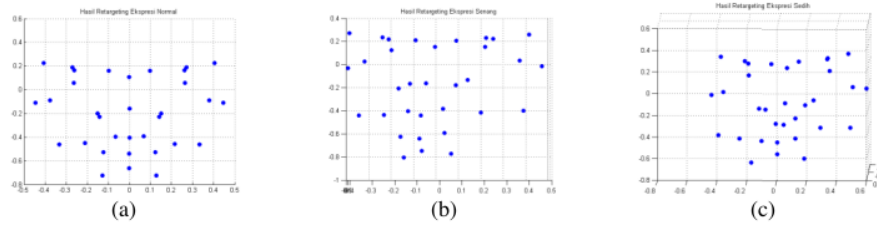
## Hasil dan Pembahasan

### Inisialisasi

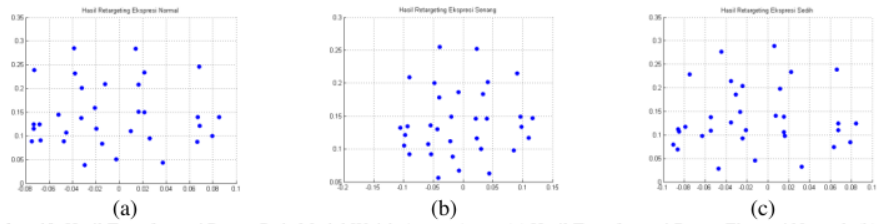
Transformasi ruang menggunakan *radial basis function* digunakan sebagai cara untuk melakukan transformasi ruang ekspresi wajah antara data *facial motion capture* dan target model wajah. Bentuk morfologis wajah manusia secara umum sangat bervariasi dan memiliki perbedaan dengan bentuk morfologis karakter 3D seperti karakter kartun, monster ataupun binatang. Hal ini mengakibatkan pergerakan dari titik fitur yang menggunakan wajah manusia sebagai sumber data animasi tidak dapat langsung dipergunakan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan data animasi tersebut seperti skala dan orientasi.

Transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function* (RBF) memberikan solusi untuk mengatasi hal tersebut. Titik fitur dari wajah sumber didefinisikan sebagai ruang sumber dan titik fitur dari model wajah target didefinisikan sebagai ruang target. Ada 2 tahapan dalam *radial basis function*, tahap pertama yaitu tahap inisialisasi dan tahap kedua yaitu tahap *testing* yang digunakan sebagai tahapan untuk menentukan (prediksi) posisi penanda pada *frame* berikutnya dalam model wajah 3D. Sebagai tahapan awal ditentukan terlebih dahulu dua ruang perpindahan dengan dua set data titik fitur. Titik  $S_0$  didefinisikan sebagai titik fitur data *facial motion capture*,  $T_0$  didefinisikan sebagai titik fitur target wajah dan  $N$  sebagai banyaknya jumlah dari data yang dipakai. Pada penelitian ini menggunakan 33 titik fitur wajah sehingga nilai  $N = 33$ .

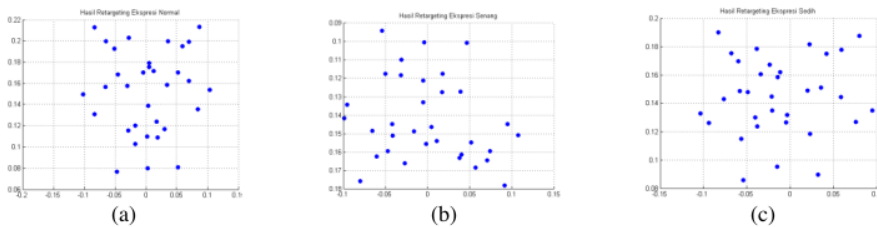
Hasil dari proses transformasi ruang RBF berupa koordinat baru pada titik fitur model wajah. Koordinat titik fitur baru pada model wajah jika digerakkan sesuai dengan pergerakan *frame* pada data *facial motion capture* akan melakukan pergerakan yang sama. Gambar berikut ini menampilkan beberapa sampel hasil perpindahan transformasi ruang RBF pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman dalam sistem koordinat.



**Gambar 9.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Manusia (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih



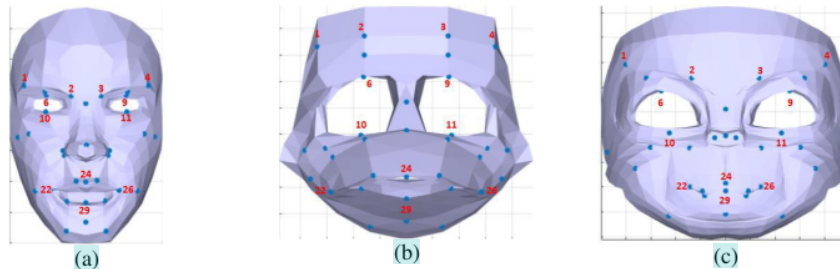
**Gambar 10.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Angsa (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih



**Gambar 11.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Anoman (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

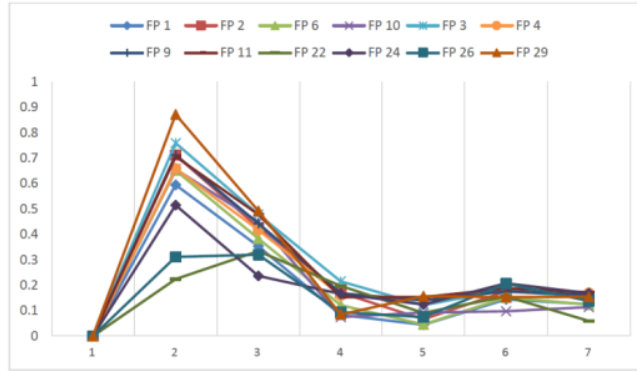
**Testing**

Tahapan testing transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dilakukan dengan melakukan pemilihan terhadap titik fitur dari data *facial motion capture* yang mewakili area gerak wajah dalam pembentukan ekspresi wajah. Titik fitur 1,2,6 dan 10 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kanan. Titik fitur 3,4,9 dan 11 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kiri dan titik fitur 22, 24, 4 dan 29 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mulut. Secara lengkap, ilustrasi pemilihan titik fitur dapat dilihat pada gambar 12.

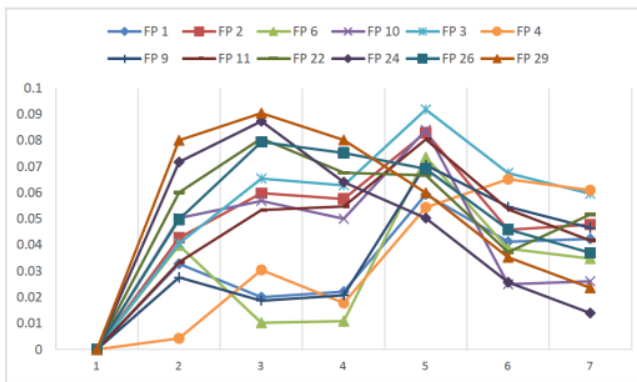


**Gambar 12.** Posisi Titik Fitur Yang Digunakan Sebagai Pembahasan Pada Model Wajah Avatar (a) Manusia (b) Angsa (c) Anoman.

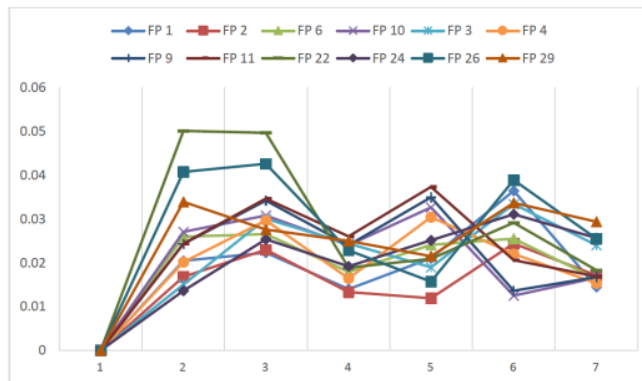
Pada pembahasan ini, digunakan data berupa 7 frame dari data *facial motion capture* dan data hasil dari proses transformasi ruang RBF. Data *facial motion capture* digunakan sebagai acuan untuk mengetahui terjadinya perpindahan titik fitur. Ketika titik fitur dari data *facial motion capture* berubah, maka semua titik fitur pada model wajah target bergerak sesuai dengan data sumbernya.



Gambar 13. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Manusia



Gambar 14. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Angsa



Gambar 15. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Anoman.

Pada frame ke-0, data perubahan perpindahan titik fitur bernilai 0, hal ini dikarenakan frame 0 merupakan *frame* dimana pergerakan titik fitur dimulai. Pada frame selanjutnya (1 – 6) terjadi perpindahan frame yang menandakan adanya pergerakan titik fitur.

Dari grafik diketahui bahwa terjadi perpindahan titik fitur wajah pada model wajah karakter manusia. Proses perpindahan titik fitur wajah terjadi secara linier dan bergantung pada banyaknya mesh wajah serta bagaimana bentuk morfologis dari model yang digunakan. Bentuk morfologis manusia atau yang mirip dengan manusia digambarkan dengan grafik yang hampir sama, sedangkan untuk model wajah yang memiliki morfologis berbeda seperti angsa dengan bibirnya yang lebar, memiliki grafik perpindahan yang berbeda.

Tingkat kesesuaian hasil proses transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dihitung dengan menggunakan pendekatan standar deviasi atau simpangan baku antara data *facial motion capture* dengan data hasil proses transformasi RBF. Hasil rata-rata perhitungan standar deviasi untuk semua titik fitur pembentuk animasi wajah pada model wajah 3D dapat dilihat pada tabel.

**Tabel 1.** Simpangan Baku Hasil Proses Transformasi RBF pada Model Wajah 3D

Titik Fitur	Simpangan Baku Model Wajah 3D		
	<i>Manusia</i>	<i>Angsa</i>	<i>Anoman</i>
1	0.1945	0.0177	0.0102
2	0.2274	0.0233	0.0075
3	0.2397	0.0265	0.0102
4	0.2027	0.0251	0.0095
6	0.2118	0.0231	0.0088
9	0.2218	0.0224	0.0113
10	0.2251	0.0251	0.0107
11	0.2235	0.0228	0.0115
22	0.1038	0.0247	0.0167
24	0.1457	0.0299	0.0096
26	0.1122	0.0255	0.0144
29	0.2848	0.0314	0.0108
Rerata simpangan baku	0.0510	0.0034	0.0024

Hasil transformasi ruang pada model wajah 3D memiliki rerata simpangan baku 0,0510 pada model wajah karakter manusia, 0,0034 rerata simpangan baku pada model wajah karakter angsa dan 0,0024 rerata simpangan baku pada model wajah karakter anoman.

## Kesimpulan

Transformasi ruang 3D untuk membentuk animasi pada titik fitur model wajah avatar dengan metode *radial basis function* dan menggunakan data *facial motion capture* telah berhasil dilakukan. Penelitian ini menggunakan 3 buah sampel model wajah avatar 3D, yaitu model wajah avatar manusia, model wajah avatar angsa dan model wajah avatar anoman. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar manusia memiliki rerata simpangan baku 0,0510. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar angsa memiliki rerata simpangan baku 0,0034. Dan hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar anoman memiliki simpangan 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avata dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

Tahapan selanjutnya perlu dilakukan skinning agar data motion data pada model wajah avatar dapat membentuk animasi dengan sempurna. Tahapan lain dari penelitian untuk meningkatkan uji kehandalan dari transformasi ruang 3D perlu dilakukan penambahan model wajah avatar terutama yang memiliki perbedaan morfologis yang berbeberda supaya hasil transformasi ruang 3D mendapatkan hasil yang maksimal dari berbagai macam model wajah avatar. Model fungsi RBF yang lain seperti gaussian, invers kuadrik dan invers multi-kuadrik perlu diterapkan juga untuk mendapatkan uji model dari fungsi RBF yang terbaik.

**Daftar Pustaka**

- [1] M. B. Nendya, "Animasi Ekspresi Wajah Pada Karakter Virtual 3 Dimensi Berbasis Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–84, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.899.
- [2] S. G. Gunanto, "Evaluasi Sintesis Ekspresi Wajah Realistik pada Sistem Animasi Wajah 3D dengan Teknologi Motion Capture," *REKAM J. Fotogr. Telev. dan Animasi*, vol. 14, no. 2, pp. 87–96, 2018, doi: 10.24821/rekam.v14i2.1747.
- [3] Fudholi, "Animasi Interaktif Pembelajaran Pengenalan dan Perancangan Jaringan Komputer," *Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. dan Log.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–40, 2015.
- [4] I. A. Zulkarnain, "Optimalisasi Face Rigging Pada Pembuatan Karakter Animasi 3D," *J. SITECH Sis. Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 185–192, 2019, doi: 10.24176/sitech.v2i2.3920.
- [5] S. Chin, C. Y. Lee, and J. Lee, "An automatic method for motion capture-based exaggeration of facial expressions with personality types," *Virtual Real.*, vol. 17, no. 3, pp. 219–237, 2013, doi: 10.1007/s10055-013-0227-8.
- [6] M. B. Nendya and S. G. Gunanto, "ANIMASI EKSPRESI WAJAH PADA AVATAR BERBASIS FEATURE- POINT CLUSTER B-86 B-87," *Pros. SENTIA 2014-Politeknik Negeri Malang*, vol. 6, pp. 86–90, 2014.
- [7] A. J. Sijabat, "Motion Capture Dalam Penciptaan Gerak Natural Karakter Alita Dalam Film 'Alita: Battle Angel,'" *Pros. Semin. Nas. Cendekiawan*, p. 2, 2019, doi: 10.25105/semnas.v0i0.5816.
- [8] L. Husniah, H. Wibowo, and M. Yuniarno, "Facial Rigging untuk Karakter 3D Berbasis Facial Action Coding System (FACS)," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–30, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.896.
- [9] F. I. Parke, "Computer generated animation of face," *Proc. ACM Annu. Conf.*, vol. 1, pp. 451–26, 1972.
- [10] J. Bennett and C. Carter, "Adopting Virtual Production For Animated Filmmaking," pp. 81–86, 2014, doi: 10.5176/2251-1679\_cgat14.21.
- [11] T. Troy and P. Pranowo, "Transformasi Ruang 2D Ke 3D Pada Animasi Wajah Berbasis Data Marker Menggunakan Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 2, no. 2, p. 229, 2016, doi: 10.24821/jags.v2i2.1422.
- [12] K. El-Haddad, H. Çakmak, E. Gilmartin, S. Dupont, and T. Dutoit, "Towards a listening agent: A system generating audiovisual laughs and smiles to show interest," *ICMI 2016 - Proc. 18th ACM Int. Conf. Multimodal Interact.*, pp. 248–255, 2016, doi: 10.1145/2993148.2993182.
- [13] S. Sumpeno, M. Hariadi, and M. H. Purnomo, "Facial emotional expressions of life-like character based on text classifier and fuzzy logic," *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 38, no. 2, pp. 122–133, 2011.
- [14] M. B. Nendya, E. M. Yuniarno, and S. Sumpeno, "Clustering Titik Fitur Model Wajah 3D Menggunakan K-Nearest Neighbour," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 07, no. 01, pp. 19–24, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uc.ac.id/index.php/JUISI/article/view/1739>.

# Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function

ORIGINALITY REPORT

# 16%

SIMILARITY INDEX

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="https://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet	156 words — 5%
2	<a href="https://journal.isi.ac.id">journal.isi.ac.id</a> Internet	62 words — 2%
3	<a href="https://www.academia.edu">www.academia.edu</a> Internet	58 words — 2%
4	<a href="https://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet	23 words — 1%
5	<a href="https://eprints.umpo.ac.id">eprints.umpo.ac.id</a> Internet	21 words — 1%
6	Hilyah Magdalena, Hadi Santoso, Ade Septryanti. "Web-Based Village Fund Management Monitoring System", 2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), 2020 Crossref	16 words — < 1%
7	<a href="https://e-journal.uajy.ac.id">e-journal.uajy.ac.id</a> Internet	16 words — < 1%
8	<a href="https://pdfs.semanticscholar.org">pdfs.semanticscholar.org</a> Internet	15 words — < 1%

- 
- 9 Jeessoo Bang, Sangdo Han, Jong-Hyeok Lee. "Listening-oriented response generation by exploiting user responses", Pattern Recognition Letters, 2020  
Crossref 14 words — < 1%
- 
- 10 Troy, Pranowo, Samuel Gandang Gunanto. "2D to 3D space transformation for facial animation based on marker data", 2016 6th International Annual Engineering Seminar (InAES), 2016  
Crossref 14 words — < 1%
- 
- 11 repository.untag-sby.ac.id  
Internet 12 words — < 1%
- 
- 12 garuda.ristekbrin.go.id  
Internet 11 words — < 1%
- 
- 13 journal.unj.ac.id  
Internet 11 words — < 1%
- 
- 14 www.springerprofessional.de  
Internet 11 words — < 1%
- 
- 15 Lorenzo Torresani. "<![CDATA[Nonrigid Structure-from-Motion: Estimating Shape and Motion with Hierarchical Priors]]>", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 5/2008  
Crossref 10 words — < 1%
- 
- 16 eprints.sinus.ac.id  
Internet 10 words — < 1%
- 
- 17 id.scribd.com  
Internet 9 words — < 1%
- 
- 18 repository.universitasbumigora.ac.id  
Internet 9 words — < 1%

19	staffnew.uny.ac.id Internet	9 words — < 1%
20	www.scilit.net Internet	9 words — < 1%
21	digilib.isi.ac.id Internet	8 words — < 1%
22	eprints.uns.ac.id Internet	8 words — < 1%
23	koreascience.or.kr Internet	8 words — < 1%
24	lordbroken.wordpress.com Internet	8 words — < 1%
25	pnc.ac.id Internet	8 words — < 1%
26	scholar.ppu.edu Internet	5 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE MATCHES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON



Matahari Bhakti Nendya <didanendya@ti.ukdw.ac.id>

---

## [jinita] Editor Decision

1 message

---

**Muhammad Nur Faiz** <ejournal.pnc@gmail.com>

Mon, Nov 29, 2021 at 10:26 AM

To: Mr Matahari Bhakti Nendya <didanendya@ti.ukdw.ac.id>

Mr Matahari Bhakti Nendya: We have reached a decision regarding your submission to Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA), "Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function". Our decision is to: Accept Submission Muhammad Nur Faiz (Scopus ID : 57203428693), Politeknik Negeri Cilacap [faiz@pnc.ac.id](mailto:faiz@pnc.ac.id) Muhammad Nur Faiz

Journal

---

of Innovation Information Technology and Application  
(JINITA) <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jinita>

---

 **LOA #940.pdf**  
275K

**Letter of Acceptance (LOA)  
SURAT PENERIMAAN**

Kepada Yth. Bapak/Ibu Penulis paper,  
**Matahari Bhakti Nendya, Eko Mulyanto Yuniarno;**

Selamat paper dengan judul "**Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function**" dinyatakan **DITERIMA** pada Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA) Edisi Vol.3 No.2, Desember 2021.

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Silahkan untuk merevisi metadata OJS dan sesuaikan paper dengan template yang tersedia pada Website. Paper harus ditulis dalam BAHASA INDONESIA/INGGRIS. Abstrak dibuat dalam \*dua bahasa (Inggris dan Indonesia)\*. Lihat **template** dan **petunjuk penulisan** yang ada di website <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jinita>.
2. Penulis diwajibkan untuk mengisi **COPYRIGHT FORM**, dapat didownload pada <https://drive.google.com/open?id=1AD4LMC41oagTkijWzhC713Dc4exdrqGV> Form yang telah diisi dan ditandatangani dan **di-scan** serta disimpan dalam format **PDF**.
3. Paper yang telah direvisi harap dikirim kembali ke e-mail: [jinita.ejournal@pnc.ac.id](mailto:jinita.ejournal@pnc.ac.id) atau OJS berupa file .doc/.docx. beserta lampiran **COPYRIGHT FORM** yang telah diisi dan ditandatangani.
4. Penulis wajib memperhatikan metadata paper seperti nama penulis, afiliasi, judul, abstrak dan keyword dalam Bahasa Inggris. Perhatikan status paper pada OJS.

Cilacap, 29 November 2021

Tim Editor JINITA,  
Editor-in-Chief,

  
**JINITA**  
JOURNAL OF INNOVATION INFORMATION  
TECHNOLOGY AND APPLICATION

Muhammad Nur Faiz, M.Kom

## Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis *Radial Basis Function*

### *3D Space Transform on Facial Animation of life-like Avatar Based on Radial Basis Function*

Matahari Bhakti Nendya<sup>\*1</sup>, Eko Mulyanto Yuniarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana

<sup>2</sup>Departemen Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
e-mail: didanendya@ti.ukdw.ac.id<sup>1</sup>, ekomulyanto@ee.its.ac.id<sup>2</sup>

#### Abstrak

Salah satu teknik pembentukan animasi wajah pada avatar dengan menggunakan ulang animasi yang ada baik dari animasi avatar lain atau animasi dari data gerak yang diperoleh menggunakan *facial motion capture*. Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk pembentukan animasi wajah pada avatar dalam game atau film animasi. Transformasi dilakukan dari data motion capture kedalam model wajah avatar 3D dengan 3 model wajah yaitu model wajah manusia, model wajah angsa dan model wajah anoman. Data motion capture ditransfer sesuai dengan titik fitur model wajah. Hasil yang didapatkan titik fitur model wajah akan memiliki animasi yang sesuai dengan data motion capture. Dari 3 model wajah target yang digunakan, hasil animasi dengan registrasi pada model wajah manusia memiliki rata-rata simpangan baku 0,0510. Pada model wajah angsa memiliki rata-rata simpangan baku 0,0034 dan pada model wajah anoman memiliki rata-rata simpangan baku 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avatar dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

**Kata Kunci:** animasi wajah, avatar, data motion capture, transformasi ruang 3D, radial basis function.

#### Abstract

*One technique for forming facial animations on avatars is by reusing existing animations, either from other avatar animations or animations from motion data obtained using facial motion capture. This research focuses on the transformation of 3D space for the formation of facial animations on avatars in games or animated films. The transformation is carried out from motion capture data into a 3D avatar face model with 3 face models, namely the human face model, the swan face model and the anoman face model. The motion capture data is transferred according to the feature points of the face model. The results obtained by the facial model feature points will have animations that match the motion capture data. Of the 3 target face models used, the animation results with registration on the human face model have an average standard deviation is 0,0510. The goose face model has an average standard deviation is 0.0034 and the anoman face model has an average standard deviation is 0,0024. With this technique, it is hoped that the formation of facial expression animation on Avatar can be done more quickly because of the reuse of facial motion capture data.*

**Keywords:** facial animation, life-like avatar, motion capture data, 3D space transform, radial basis function.

#### Pendahuluan

Bentuk dari penggunaan karakter digital adalah avatar. Avatar berperan sebagai representasi personal seseorang dalam dunia digital. Bentuk representasi personal dengan menggunakan avatar dapat berupa orang, robot, superhero, karakter kartun atau binatang. Avatar dalam *game* *ber-gerne Real Time Strategy* (RTS) direpresentasikan dalam bentuk wajah dari karakter yang digunakan. Bentuk karakter wajah tersebut sangat erat kaitannya dengan animasi wajah karena memperkuat keberadaan karakter [1].

Teknik tradisional pembentukan animasi ekspresi model wajah tergantung pada kemampuan seniman untuk membuat gerakan kunci dan menggabungkannya menjadi serangkaian gerakan ekspresi

---

\*) Penulis Korespondensi: didanendya@ti.ukdw.ac.id

wajah [2]. Video game dengan aturan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah sebagai media komunikasi atau interaksi dengan area permainannya [3]. Keterbatasan sumber daya seringkali membuat hal ini ditiadakan. Akan tetapi dengan munculnya sistem permainan yang diselingi film animasi yang berupa *cut scene*, animasi ekspresi wajah menjadi hal yang mutlak untuk memberikan aspek hiburan bagi pemain [4].

Game dengan aturan permainan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah dalam melakukan komunikasi atau interaksi dengan area permainannya. Karena sumber daya yang terbatas, animasi wajah dalam game sering ditiadakan. Namun akhir-akhir ini dengan munculnya sistem permainan game yang diselingi film animasi didalamnya menuntut keberadaan animasi ekspresi wajah yang mutlak ada untuk memberikan aspek hiburan dan cerita bagi si pemain [1].

Ekspresi wajah memiliki peran penting dalam model komunikasi nonverbal [5]. Untuk menghasilkan model ekspresi yang natural pada avatar, digunakan teknik transfer animasi dari animasi lain atau dengan menggunakan *data motion capture* wajah [6]. *Data motion capture* yang digunakan berasal dari wajah manusia yang kemudian dipindai melalui *facial motion capture* berdasarkan titik fitur wajah [7]. Titik fitur wajah yang digunakan mengacu pada *Facial Action Coding System* (FACS) [8] [9].

*Facial motion capture* akan menyimpan posisi dan orientasi dari satu obyek dan kemudian merekam informasi yang digunakan dalam koordinat di dunia maya [10]. Problematika yang muncul dalam menggunakan *data motion capture* ada pada pemetaan ulang titik fitur pada bentuk karakter yang berbeda secara morfologis dan skala penerapannya. [11].

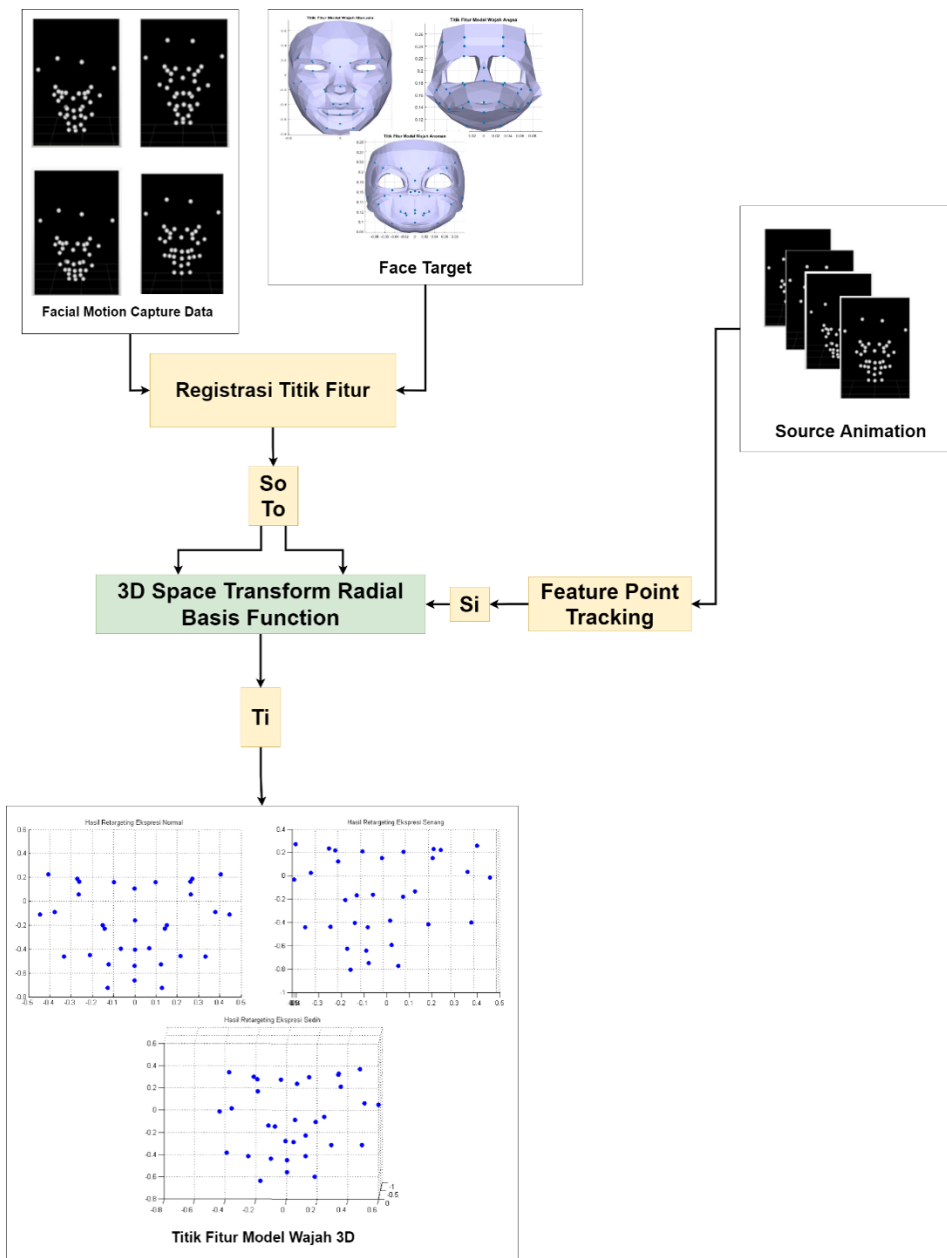
Teknik pembentukan animasi wajah yang dianggap efektif dari kecepatan produksi adalah teknik penggunaan ulang animasi wajah (*retargetting*). Cara ini mengusung penggunaan data *facial motion capture* yang kemudian di transformasikan melalui transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function*. Karakter virtual 3 dimensi yang dihasilkan mampu melakukan visualisasi ekspresi wajah yang sesuai dengan ekspresi wajah manusia dengan memiliki nilai rata-rata simpangan baku 0.0034 [1].

Teknik transformasi ruang Radial Basis Function (RBF) digunakan untuk mengatasi perbedaan morfologi pada wajah manusia yang menjadi sumber acuan ekspresi dengan wajah model 3D yang menjadi target animasi. RBF digunakan dalam menentukan posisi titik fitur pada wajah model 3D berdasarkan posisi titik marker pada citra 2D wajah manusia. [11].

Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk penggunaan ulang animasi ekspresi wajah dari data motion capture kedalam model wajah 3D. Data motion capture dan model wajah 3D melakukan registrasi titik fitur sebagai model transfer animasinya. Pada penelitian ini menggunakan 3(tiga) buah model wajah, yaitu model wajah 3D manusia, model wajah 3D angsa dan model wajah 3D anoman. Ketiga model wajah ini digunakan untuk menguji bentuk morfologis yang berbeda dari masing-masing model wajah.

## Metode Penelitian

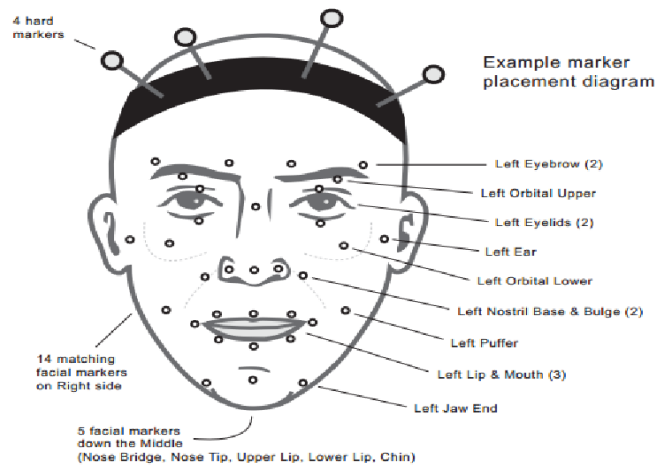
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 1. Langkah penelitian dimulai dari model akuisisi data, kemudian dilanjutkan pengembangan model wajah target. Langkah berikutnya adalah registrasi titik fitur yang kemudian dilanjutkan dengan transformasi ruang 3D berbasis radial basis function untuk menghasilkan titik fitur model wajah avatar 3D yang telah memiliki pergerakan animasi ekspresi wajah.



Gambar 1. Metode Penelitian Transforamsi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar berbasis Radial Basis Function

**Model Akuisisi Data**

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan data gerak wajah. Model akuisisi data yang digunakan berbasis *motion capture* menggunakan *OptiTrack Motion Capture System* dengan 6 buah kamera Flex 3 (0.3 MP, 100 FPS). Akuisisi data berbasis penanda (marker) dengan penempatan penanda pada actor mengacu pada pendekatan *Facial Action Coding System (FACS)*.



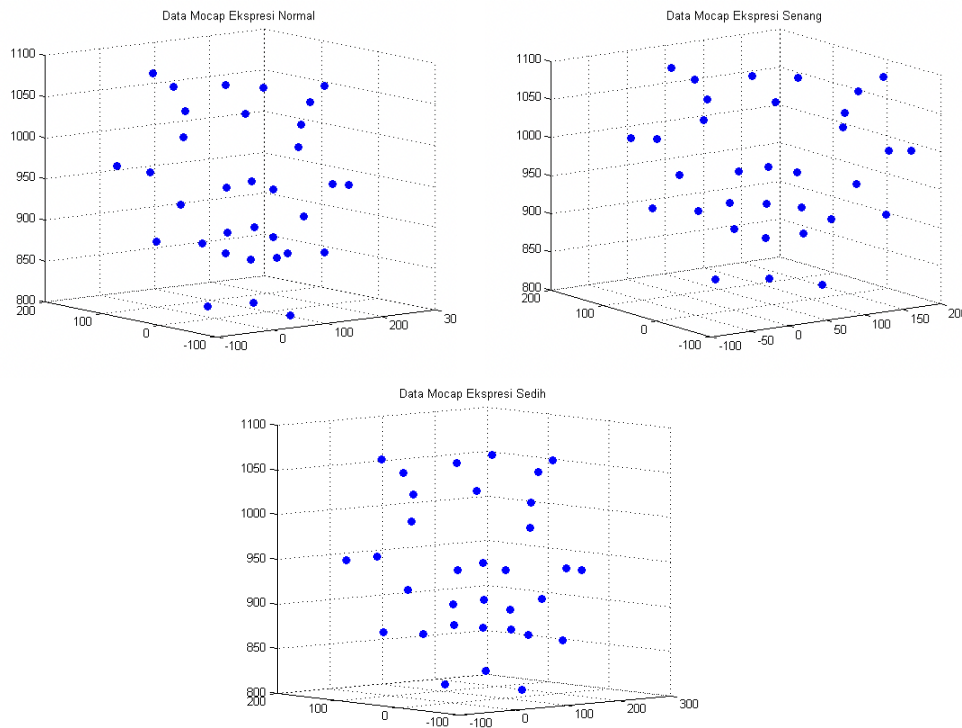
**Gambar 2.** Acuan Penempatan Titik Fitur Pada Wajah Pada Optitrack[12]

Gambar 2 merupakan acuan penempatan titik fitur pada wajah digunakan sebagai acuan untuk menempatkan penanda pada aktor. Model penempatan penanda ini membantu dalam proses perekam data untuk mendapatkan ekspresi wajah yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Proses berikutnya merupakan proses perekaman ekspresi wajah pada aktor. Aktor akan mempergarakan 6 ekspresi dasar yaitu marah, kaget, jijik, takut, senang dan sedih [13]. Proses perekaman ekspresi dasar manusia pada aktor di gambarkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Proses Perekaman Ekspresi Wajah Pada Aktor

Hasil yang didapat dari proses perekaman ekspresi wajah pada actor berupa data *facial motion capture*. Secara umum, data *facial motion capture* terdiri dari bidang koordinat x, y, dan z. Beberapa Data *facial motion capture* yang dihasilkan dari proses perekaman ekspresi wajah pada aktor disajikan dalam bentuk koordinat sesuai dengan Gambar 4.

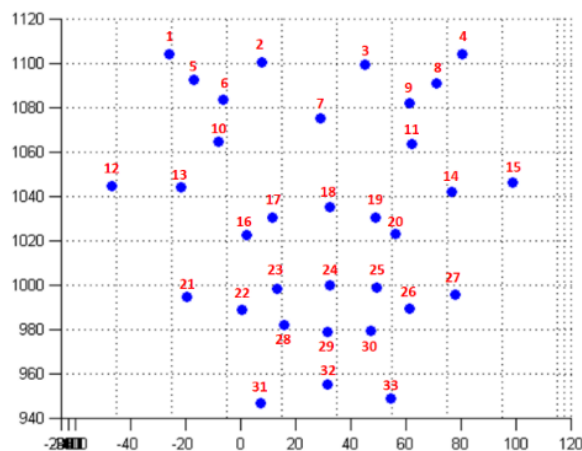


Gambar 4. Data Facial Motion Capture Hasil Perekaman Ekspresi Wajah pada Aktor dalam Sistem Koordinat

Data facial motion capture ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang radial basis function untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah karakter.

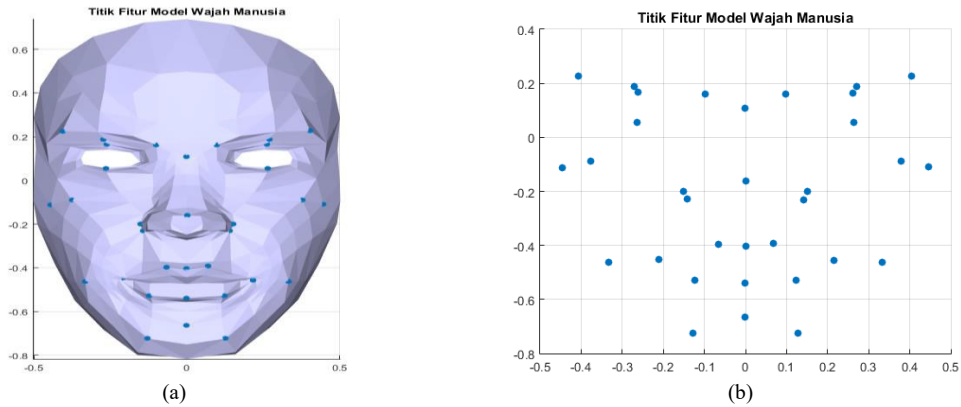
**Facial Rigging**

Facial rigging merupakan proses pembuatan kendali wajah untuk melakukan pembentukan animasi yang dilakukan oleh animator. Pada penelitian ini proses facial rigging dilakukan pada tiap model dari karakter wajah yang digunakan. Proses pembentukan facial rigging berupa pemberian titik fitur pada topeng wajah yang mengacu pada pendekatan FACS yang digunakan dalam optitrack motion capture system [14] seperti pada gambar 2. Untuk mempermudah dalam proses penggunaan ulang animasi pada model wajah serta memberikan analisa terhadap perpindahan titik fitur yang ada, lokasi titik fitur wajah diberi nomor secara manual. Pemberian nomor tersebut juga bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan pengaksesan data koordinat sehingga ketika proses perindahan titik fitur tidak terlihat secara visual masih dapat dilakukan pengamatan terhadap perubahan data yang terjadi.

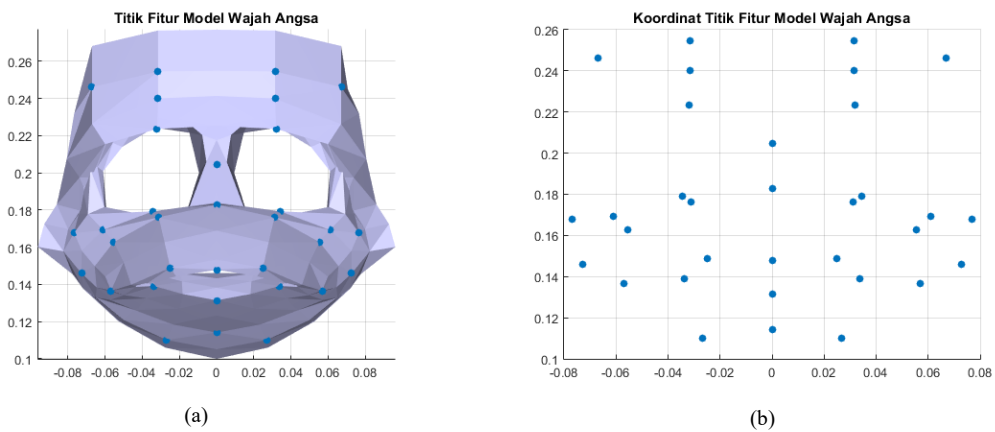


Gambar 5. Pemberian nomor pada titik fitur wajah

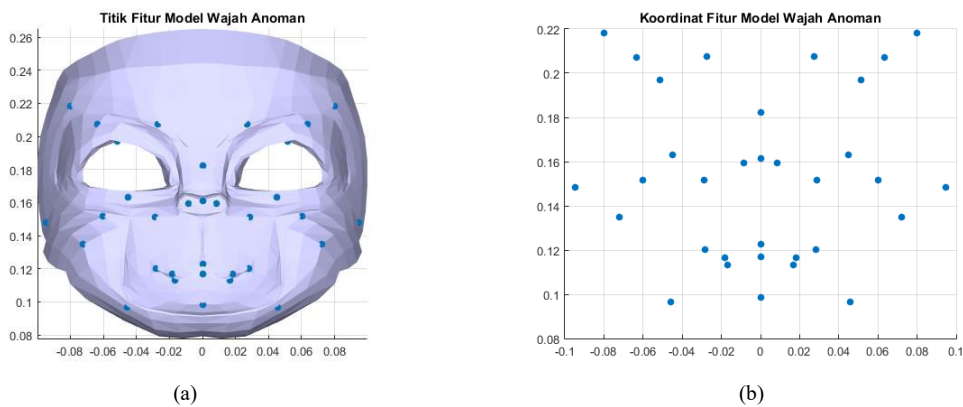
Proses *facial rigging* ini dilakukan secara manual pada tiap model avatar. Hasilnya dari proses *facial rigging* ini berupa data koordinat titik fitur topeng wajah dari model avatar yang digunakan. Koordinat titik fitur topeng wajah tersebut akan digunakan sebagai centroid proses retargeting. Data *facial motion capture* ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang *radial basis function* untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah avatar. Penelitian ini menggunakan 3 model wajah avatar, yaitu manusia, angsa dan anoman.



Gambar 6. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar manusia. (b) Titik fitur model wajah avatar manusia dalam sistem koordinat



Gambar 7. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar angsa. (b) Titik fitur model wajah avatar angsa dalam sistem koordinat



Gambar 8. (a) Lokasi titik fitur pada model avatar karakter anoman. (b) Titik fitur model wajah avatar anoman dalam sistem koordinat

Hasil yang didapatkan dalam proses registrasi pada model wajah avatar berupa data koordinat titik fitur model avatar karakter pada gambar 6,7 dan \*.

### Radial Basis Function

Radial Basis Functions (RBF) sering dipakai pada aplikasi grafika komputer dalam proses perkiraan dan interpolasi permukaan. Pada penelitian ini, RBF digunakan sebagai transformasi ruang. Untuk melakukan hal ini, didefinisikan terlebih dahulu dua buah ruang dengan dua buah himpunan titik fitur. Misalkan saja  $S_0$  sebagai himpunan titik fitur sumber,  $T_0$  sebagai himpunan titik fitur target, dan  $N$  adalah ukuran himpunan. Setiap titik pengendali  $\vec{t}_t \in T_0$  memiliki hubungan dengan  $t_i \in T_0$ . Setelah dilakukan pelatihan dengan dua buah himpunan titik fitur tersebut, RBF dapat melakukan transformasi posisi dari ruang sumber ke ruang target dengan perumusan RBF:

$$F(\vec{S}_j) = \sum_{i=1}^N \vec{W}_i \cdot h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$$

Dengan

$$h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|) = \sqrt{(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)^2 + sc_j^2} \quad (\text{fungsi muti-kuadrik})$$

$$sc_j = \min_{j \neq 1} \|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|$$

Pelatihan jaringan terdiri atas proses penyelesaian 3 sistem linier dari persamaan N (pada kasus 3 dimensional) seperti:

$$\vec{t}_j = F(\vec{S}_j)$$

Misalkan H adalah sebuah matrik seperti  $H_{ij} = h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$  dan  $T_x = (t_1^x t_2^x \dots t_N^x)^t$  dimana  $t_j^x$  adalah koordinat x dari  $\vec{t}_j$ . Maka dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan (3.2), sistem dapat didefinisikan sebagai:

$$T_x = H \cdot W_x$$

dengan bobot  $W_x = (w_1^x w_2^x \dots w_N^x)^t$ . Sehingga untuk menyelesaikan system dihitunglah nilai  $W_x = H^{-1} T_x$ . Sekali jaringan RBF dilatih untuk setiap sumbu, posisi di ruang target  $\vec{t}$  untuk setiap titik  $\vec{s}$  dari ruang sumber didapatkan dengan menerapkan transformasi  $F(\vec{s})$ .

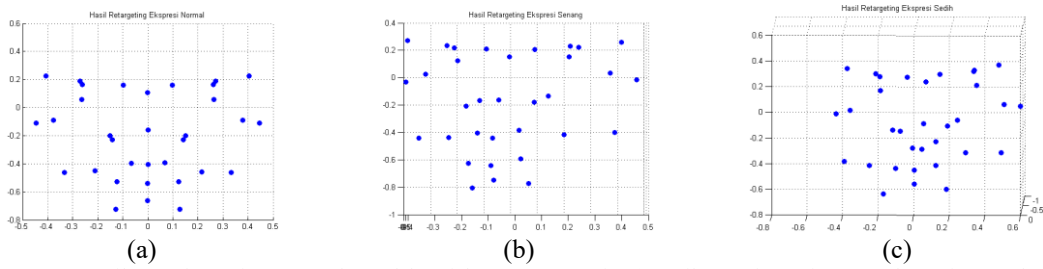
## Hasil dan Pembahasan

### Inisialiasasi

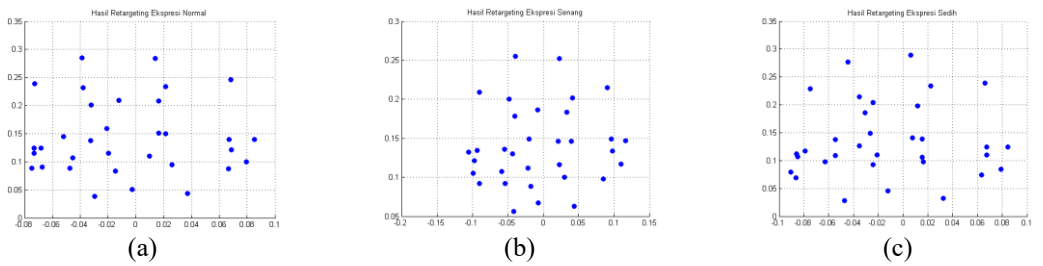
Transformasi ruang menggunakan *radial basis function* digunakan sebagai cara untuk melakukan transformasi ruang ekspresi wajah antara data *facial motion capture* dan target model wajah. Bentuk morfologis wajah manusia secara umum sangat bervariasi dan memiliki perbedaan dengan bentuk morfologis karakter 3D seperti karakter kartun, monster ataupun binatang. Hal ini mengakibatkan pergerakan dari titik fitur yang menggunakan wajah manusia sebagai sumber data animasi tidak dapat langsung dipergunakan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan data animasi tersebut seperti skala dan orientasi.

Transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function* (RBF) memberikan solusi untuk mengatasi hal tersebut. Titik fitur dari wajah sumber didefinisikan sebagai ruang sumber dan titik fitur dari model wajah target didefinisikan sebagai ruang target. Ada 2 tahapan dalam *radial basis function*, tahap pertama yaitu tahap inisialiasasi dan tahap kedua yaitu tahap *testing* yang digunakan sebagai tahapan untuk menentukan (prediksi) posisi penanda pada *frame* berikutnya dalam model wajah 3D. Sebagai tahapan awal ditentukan terlebih dahulu dua ruang perpindahan dengan dua set data titik fitur. Titik  $S_0$  didefinisikan sebagai titik fitur data *facial motion capture*,  $T_0$  didefinisikan sebagai titik fitur target wajah dan  $N$  sebagai banyaknya jumlah dari data yang dipakai. Pada penelitian ini menggunakan 33 titik fitur wajah sehingga nilai  $N = 33$ .

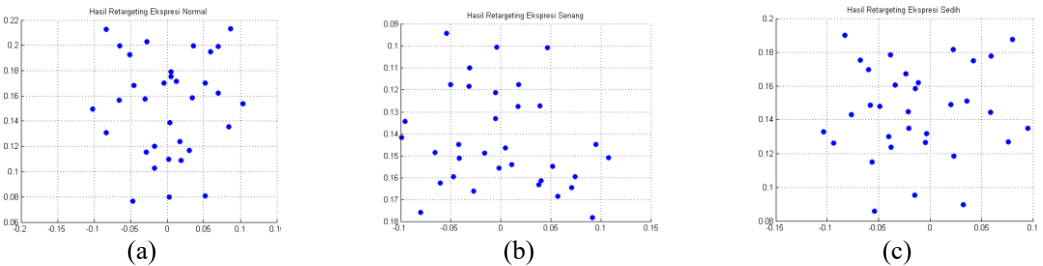
Hasil dari proses transformasi ruang RBF berupa koordinat baru pada titik fitur model wajah. Koordinat titik fitur baru pada model wajah jika digerakkan sesuai dengan pergerakan frame pada data *facial motion capture* akan melakukan pergerakan yang sama. Gambar berikut ini menampilkan beberapa sampel hasil perpindahan transformasi ruang RBF pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman dalam sistem koordinat.



**Gambar 9.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Manusia (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih



**Gambar 10.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Angsa (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

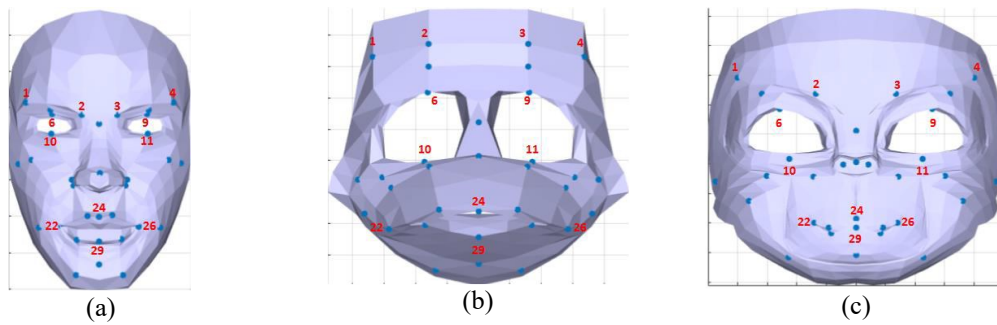


**Gambar 11.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Anoman (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

Gambar 9 merupakan hasil transformasi ruang pada model wajah avatar manusia. Gambar (a) menunjukkan hasil transformasi ruang ekspresi normal, (b) menunjukkan ekspresi senang dan (c) menunjukkan ekspresi sedih. Hasil transformasi ruang RBF ini di registrasikan korepondensi satu-satu antara titik fitur pada model wajah dengan data *motion capture*. Hasil yang serupa juga ditunjukkan pada model wajah avatar lainnya seperti model wajah avatar angsa pada gambar 10 dan model wajah avatar anoman seperti pada gambar 11. Tiap model ekspresi diwakilkan ekspresi normal, senang dan sedih. Dari Gambar 9, 10 dan 11 pada ekspresi normal hampir menunjukkan grafik yang sama, sedangkan untuk ekspresi senang dan sedih ada beberapa perbedaan dengan ekspresi normalnya.

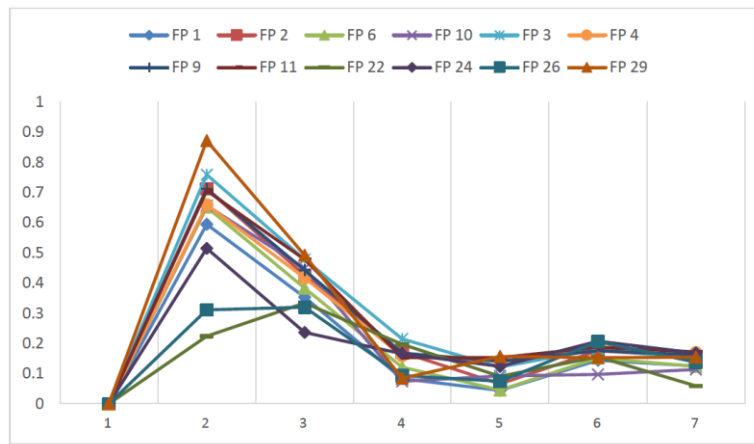
**Testing**

Tahapan testing transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dilakukan dengan melakukan pemilihan terhadap titik fitur dari data *facial motion capture* yang mewakili area gerak wajah dalam pembentukan ekspresi wajah. Titik fitur 1,2,6 dan 10 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kanan. Titik fitur 3,4,9 dan 11 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kiri dan titik fitur 22, 24, 26 dan 29 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mulut. Secara lengkap, ilustrasi pemilihan titik fitur dapat dilihat pada gambar 12.

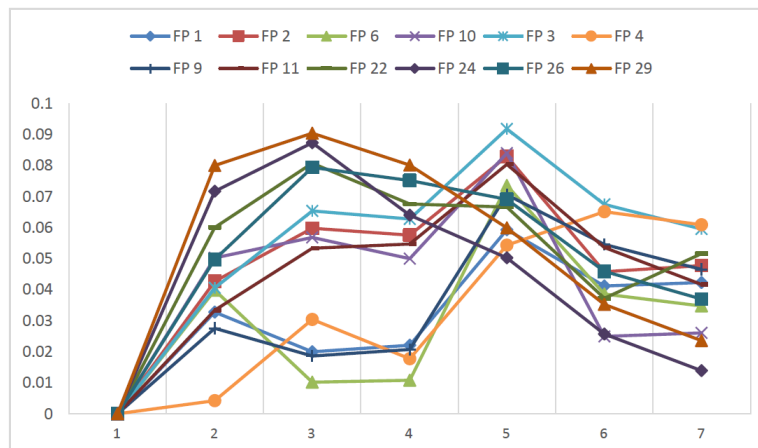


**Gambar 12.** Posisi Titik Fitur Yang Digunakan Sebagai Pembahasan Pada Model Wajah Avatar (a) Manusia (b) Angsa (c) Anoman.

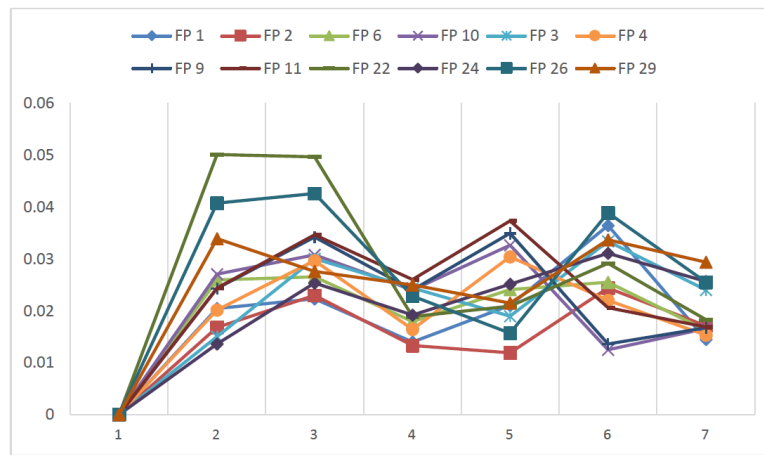
Pada pembahasan ini, digunakan data berupa 7 frame dari data *facial motion capture* dan data hasil dari proses transformasi ruang RBF. Data *facial motion capture* digunakan sebagai acuan untuk mengetahui terjadinya perpindahan titik fitur. Ketika titik fitur dari data *facial motion capture* berubah, maka semua titik fitur pada model wajah target bergerak sesuai dengan data sumbernya.



**Gambar 13.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Manusia



**Gambar 14.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Angsa



Gambar 15. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Anoman.

Dari gambar 13, 14 dan 15 pada frame ke-0 dari masing-masing model wajah avatar terjadi perubahan titik fitur berniali 0 atau pepindahan titik fitur. hal ini dikarenakan frame 0 merupakan *frame* dimana pergerakan titik fitur dimulai. Pada frame selanjutnya (1 – 6) terjadi perpindahan frame yang menandakan adanya pergerakan titik fitur.

Sebagai sampel diambil titik fitur 1,2, 3,4, 6, 9, 10, 11, 22, 24,26 dan 29. Perpindahan titik fitur diambil dari frame 1 sampai 6. Perubahan titik fitur ini menandakan adanya perubahan animasi pembentukan ekspresi wajah pada masing-masing model wajah avatar.

Dari grafik diketahui bahwa terjadi perpindahan titik fitur wajah pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman. Proses perpindahan titik fitur wajah terjadi secara linier dan bergantung pada banyaknya mesh wajah serta bagaimana bentuk morfologis dari model yang digunakan. Bentuk morfologis manusia atau yang mirip dengan manusia digambarkan dengan grafik yang hampir sama, sedangkan untuk model wajah yang memiliki morfologis berbeda seperti angsa dengan bibirnya yang lebar, memiliki grafik perpindahan yang berbeda.

Tingkat kesesuaian hasil proses transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dihitung dengan menggunakan pendekatan standar deviasi atau simpangan baku antara data *facial motion capture* dengan data hasil proses transformasi RBF. Hasil rata-rata perhitungan standar deviasi untuk semua titik fitur pembentuk animasi wajah pada model wajah 3D dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Simpangan Baku Hasil Proses Transformasi RBF pada Model Wajah 3D

Titik Fitur	Simpangan Baku Model Wajah 3D		
	Manusia	Angsa	Anoman
1	0.1945	0.0177	0.0102
2	0.2274	0.0233	0.0075
3	0.2397	0.0265	0.0102
4	0.2027	0.0251	0.0095
6	0.2118	0.0231	0.0088
9	0.2218	0.0224	0.0113
10	0.2251	0.0251	0.0107
11	0.2235	0.0228	0.0115
22	0.1038	0.0247	0.0167
24	0.1457	0.0299	0.0096
26	0.1122	0.0255	0.0144
29	0.2848	0.0314	0.0108
Rerata simpangan baku	0.0510	0.0034	0.0024

Hasil transformasi ruang pada model wajah 3D memiliki rerata simpangan baku 0,0510 pada model wajah karakter manusia, 0,0034 rerata simpangan baku pada model wajah karakter angsa dan 0,0024 rerata simpangan baku pada model wajah karakter anoman.

### Kesimpulan

Transformasi ruang 3D untuk membentuk animasi pada titik fitur model wajah avatar dengan metode radial basis function dan menggunakan data *facial motion capture* telah berhasil dilakukan. Penelitian ini menggunakan 3 buah sampel model wajah avatar 3D, yaitu model wajah avatar manusia, model wajah avatar angsa dan model wajah avatar anoman. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar manusia memiliki rerata simpangan baku 0,0510. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar angsa memiliki rerata simpangan baku 0,0034. Dan hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar anoman memiliki simpangan 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avata dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

Tahapan selanjutnya perlu dilakukan skinning agar data motion data pada model wajah avatar dapat membentuk animasi dengan sempurna. Tahapan lain dari penelitian untuk meningkatkan uji kehandalan dari transformasi ruang 3D perlu dilakukan penambahan model wajah avatar terutama yang memiliki perbedaan morfologis yang berbeberda supaya hasil transformasi ruang 3D mendapatkan hasil yang maksimal dari berbagai macam model wajah avatar. Model fungsi RBF yang lain seperti gaussian, invers kuadrik dan invers multi-kuradrik perlu diterapkan juga untuk mendapatkan uji model dari fungsi RBF yang terbaik.

### Daftar Pustaka

- [1] M. B. Nendya, "Animasi Ekspresi Wajah Pada Karakter Virtual 3 Dimensi Berbasis Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–84, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.899.
- [2] S. G. Gunanto, "Evaluasi Sintesis Ekspresi Wajah Realistik pada Sistem Animasi Wajah 3D dengan Teknologi Motion Capture," *REKAM J. Fotogr. Telev. dan Animasi*, vol. 14, no. 2, pp. 87–96, 2018, doi: 10.24821/rekam.v14i2.1747.
- [3] A. Fudholi, "Animasi Interaktif Pembelajaran Pengenalan dan Perancangan Jaringan Komputer," *Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. dan Log.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–40, 2015.
- [4] I. A. Zulkarnain, "Optimalisasi Face Rigging Pada Pembuatan Karakter Animasi 3D," *J. SITECH Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 185–192, 2019, doi: 10.24176/sitech.v2i2.3920.
- [5] S. Chin, C. Y. Lee, and J. Lee, "An automatic method for motion capture-based exaggeration of facial expressions with personality types," *Virtual Real.*, vol. 17, no. 3, pp. 219–237, 2013, doi: 10.1007/s10055-013-0227-8.
- [6] M. B. Nendya and S. G. Gunanto, "ANIMASI EKSPRESI WAJAH PADA AVATAR BERBASIS FEATURE- POINT CLUSTER B-86 B-87," *Pros. SENTIA 2014-Politeknik Negeri Malang*, vol. 6, pp. 86–90, 2014.
- [7] A. J. Sijabat, "Motion Capture Dalam Penciptaan Gerak Natural Karakter Alita Dalam Film 'Alita: Battle Angel,'" *Pros. Semin. Nas. Cendekiawan*, p. 2, 2019, doi: 10.25105/semnas.v0i0.5816.
- [8] L. Husniah, H. Wibowo, and M. Yuniarno, "Facial Rigging untuk Karakter 3D Berbasis Facial Action Coding System (FACS)," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–30, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.896.
- [9] F. I. Parke, "Computer generated animation of face," *Proc. ACM Annu. Conf.*, vol. 1, pp. 451–457, 1972.
- [10] J. Bennett and C. Carter, "Adopting Virtual Production For Animated Filmmaking," pp. 81–86, 2014, doi: 10.5176/2251-1679\_cgat14.21.
- [11] T. Troy and P. Pranowo, "Transformasi Ruang 2D Ke 3D Pada Animasi Wajah Berbasis Data Marker Menggunakan Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 2, no. 2, p. 229, 2016, doi: 10.24821/jags.v2i2.1422.
- [12] K. El-Haddad, H. Çakmak, E. Gilmartin, S. Dupont, and T. Dutoit, "Towards a listening agent: A system generating audiovisual laughs and smiles to show interest," *ICMI 2016 - Proc. 18th ACM Int. Conf. Multimodal Interact.*, pp. 248–255, 2016, doi: 10.1145/2993148.2993182.
- [13] S. Sumpeno, M. Hariadi, and M. H. Purnomo, "Facial emotional expressions of life-like character based on text classifier and fuzzy logic," *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 38, no. 2, pp. 122–133, 2011.

- 
- [14] M. B. Nendya, E. M. Yuniarno, and S. Sumpeno, "Clustering Titik Fitur Model Wajah 3D Menggunakan K-Nearest Neighbour," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 07, no. 01, pp. 19–24, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uc.ac.id/index.php/JUISI/article/view/1739>.

Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Exp  
Matahari Bhakti Nendya, Eko Mulyanto Yuniarno

Submission Review Copyediting

Copyediting Discussions

Name

Name
<a href="#">Copyediting</a>

Copyedited

### Copyediting

**Participants**

- Muhammad Nur Faiz (hafarafaiz)
- Lutfi Syafirullah (lutfi)
- Mr Matahari Bhakti Nendya (didanendya)

**Messages**

Note	From
<a href="#">admin, 940-3261-1-ED.docx</a> <a href="#">admin, 940-3269-1-CE.docx</a>	— 2021-11-29 03:26 AM

[Add Message](#)

No files



Matahari Bhakti Nendya &lt;didanendya@ti.ukdw.ac.id&gt;

---

**[jinita] Copyediting Review Request**

1 message

**Muhammad Nur Faiz** <ejournal.pnc@gmail.com>

Mon, Nov 29, 2021 at 10:26 AM

To: Mr Matahari Bhakti Nendya &lt;didanendya@ti.ukdw.ac.id&gt;

Mr Matahari Bhakti Nendya: Your submission "Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function" for Journal of Innovation Information Technology and Application (JINITA) has been through the first step of copyediting, and is available for you to review by following these steps. 1. Click on the Submission URL below. 2. Log into the journal and click on the File that appears in Step 1. 3. Open the downloaded submission. 4. Review the text, including copyediting proposals and Author Queries. 5. Make any copyediting changes that would further improve the text. 6. When completed, upload the file in Step 2. 7. Click on METADATA to check indexing information for completeness and accuracy. 8. Send the COMPLETE email to the editor and copyeditor. Submission URL: <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jinita/author/submissionEditing/940> Username: didanendya This is the last opportunity to make substantial copyediting changes to the submission. The proofreading stage, that follows the preparation of the galleys, is restricted to correcting typographical and layout errors. If you are unable to undertake this work at this time or have any questions, please contact me. Thank you for your contribution to this journal. Muhammad Nur Faiz (Scopus ID : 57203428693), Politeknik Negeri Cilacap [faiz@pnc.ac.id](mailto:faiz@pnc.ac.id) Muhammad Nur Faiz

---

Journal  
of Innovation Information Technology and Application  
(JINITA) <https://ejournal.pnc.ac.id/index.php/jinita>

## Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis *Radial Basis Function*

### *3D Space Transform on Facial Animation of life-like Avatar Based on Radial Basis Function*

Matahari Bhakti Nendya<sup>\*1</sup>, Eko Mulyanto Yuniarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana

<sup>2</sup>Departemen Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

e-mail: didanendya@ti.ukdw.ac.id<sup>1</sup>, ekomulyanto@ee.its.ac.id<sup>2</sup>

#### Abstrak

Salah satu teknik pembentukan animasi wajah pada avatar dengan menggunakan ulang animasi yang ada baik dari animasi avatar lain atau animasi dari data gerak yang diperoleh menggunakan *facial motion capture*. Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk pembentukan animasi wajah pada avatar dalam game atau film animasi. Transformasi dilakukan dari data motion capture kedalam model wajah avatar 3D dengan 3 model wajah yaitu model wajah manusia, model wajah angsa dan model wajah anoman. Data motion capture ditransfer sesuai dengan titik fitur model wajah. Hasil yang didapatkan titik fitur model wajah akan memiliki animasi yang sesuai dengan data motion capture. Dari 3 model wajah target yang digunakan, hasil animasi dengan registrasi pada model wajah manusia memiliki rata-rata simpangan baku 0,0510. Pada model wajah angsa memiliki rata-rata simpangan baku 0,0034 dan pada model wajah anoman memiliki rata-rata simpangan baku 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avatar dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

**Kata Kunci:** animasi wajah, avatar, data motion capture, transformasi ruang 3D, radial basis function.

#### Abstract

*One technique for forming facial animations on avatars is by reusing existing animations, either from other avatar animations or animations from motion data obtained using facial motion capture. This research focuses on the transformation of 3D space for the formation of facial animations on avatars in games or animated films. The transformation is carried out from motion capture data into a 3D avatar face model with 3 face models, namely the human face model, the swan face model and the anoman face model. The motion capture data is transferred according to the feature points of the face model. The results obtained by the facial model feature points will have animations that match the motion capture data. Of the 3 target face models used, the animation results with registration on the human face model have an average standard deviation is 0,0510. The goose face model has an average standard deviation is 0.0034 and the anoman face model has an average standard deviation is 0,0024. With this technique, it is hoped that the formation of facial expression animation on Avatar can be done more quickly because of the reuse of facial motion capture data.*

**Keywords:** facial animation, life-like avatar, motion capture data, 3D space transform, radial basis function.

#### Pendahuluan

Bentuk dari penggunaan karakter digital adalah avatar. Avatar berperan sebagai representasi personal seseorang dalam dunia digital. Bentuk representasi personal dengan menggunakan avatar dapat berupa orang, robot, superhero, karakter kartun atau binatang. Avatar dalam *game* ber-*gerne Real Time Strategy* (RTS) direpresentasikan dalam bentuk wajah dari karakter yang digunakan. Bentuk karakter wajah tersebut sangat erat kaitannya dengan animasi wajah karena memperkuat keberadaan karakter [1].

Teknik tradisional pembentukan animasi ekspresi model wajah tergantung pada kemampuan seniman untuk membuat gerakan kunci dan menggabungkannya menjadi serangkaian gerakan ekspresi

---

<sup>\*</sup>) Penulis Korespondensi: didanendya@ti.ukdw.ac.id

wajah [2]. Video game dengan aturan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah sebagai media komunikasi atau interaksi dengan area permainannya [3]. Keterbatasan sumber daya seringkali membuat hal ini ditiadakan. Akan tetapi dengan munculnya sistem permainan yang diselingi film animasi yang berupa *cut scene*, animasi ekspresi wajah menjadi hal yang mutlak untuk memberikan aspek hiburan bagi pemain [4].

Game dengan aturan permainan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah dalam melakukan komunikasi atau interaksi dengan area permainannya. Karena sumber daya yang terbatas, animasi wajah dalam game sering ditiadakan. Namun akhir-akhir ini dengan munculnya sistem permainan game yang diselingi film animasi didalamnya menuntut keberadaan animasi ekspresi wajah yang mutlak ada untuk memberikan aspek hiburan dan cerita bagi si pemain [1].

Ekspresi wajah memiliki peran penting dalam model komunikasi nonverbal [5]. Untuk menghasilkan model ekspresi yang natural pada avatar, digunakan teknik transfer animasi dari animasi lain atau dengan menggunakan *data motion capture* wajah [6]. *Data motion capture* yang digunakan berasal dari wajah manusia yang kemudian dipindai melalui *facial motion capture* berdasarkan titik fitur wajah [7]. Titik fitur wajah yang digunakan mengacu pada *Facial Action Coding System* (FACS) [8] [9].

*Facial motion capture* akan menyimpan posisi dan orientasi dari satu obyek dan kemudian merekam informasi yang digunakan dalam koordinat di dunia maya [10]. Problematika yang muncul dalam menggunakan *data motion capture* ada pada pemetaan ulang titik fitur pada bentuk karakter yang berbeda secara morfologis dan skala penerapannya. [11].

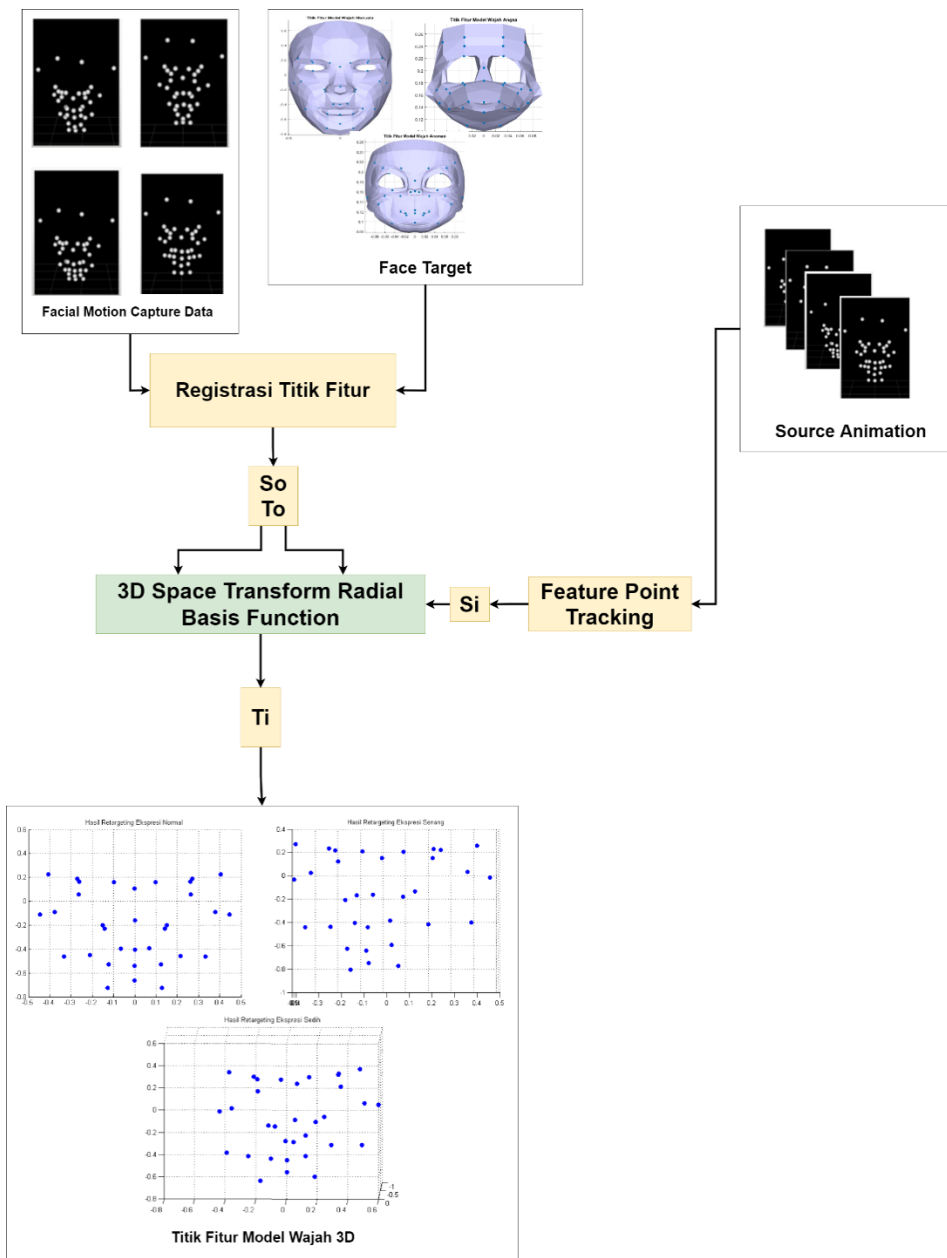
Teknik pembentukan animasi wajah yang dianggap efektif dari kecepatan produksi adalah teknik penggunaan ulang animasi wajah (*retargetting*). Cara ini mengusung penggunaan data *facial motion capture* yang kemudian di transformasikan melalui transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function*. Karakter virtual 3 dimensi yang dihasilkan mampu melakukan visualisasi ekspresi wajah yang sesuai dengan ekspresi wajah manusia dengan memiliki nilai rata-rata simpangan baku 0.0034 [1].

Teknik transformasi ruang Radial Basis Function (RBF) digunakan untuk mengatasi perbedaan morfologi pada wajah manusia yang menjadi sumber acuan ekspresi dengan wajah model 3D yang menjadi target animasi. RBF digunakan dalam menentukan posisi titik fitur pada wajah model 3D berdasarkan posisi titik marker pada citra 2D wajah manusia. [11].

Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk penggunaan ulang animasi ekspresi wajah dari data motion capture kedalam model wajah 3D. Data motion capture dan model wajah 3D melakukan registrasi titik fitur sebagai model transfer animasinya. Pada penelitian ini menggunakan 3(tiga) buah model wajah, yaitu model wajah 3D manusia, model wajah 3D angsa dan model wajah 3D anoman. Ketiga model wajah ini digunakan untuk menguji bentuk morfologis yang berbeda dari masing-masing model wajah.

## Metode Penelitian

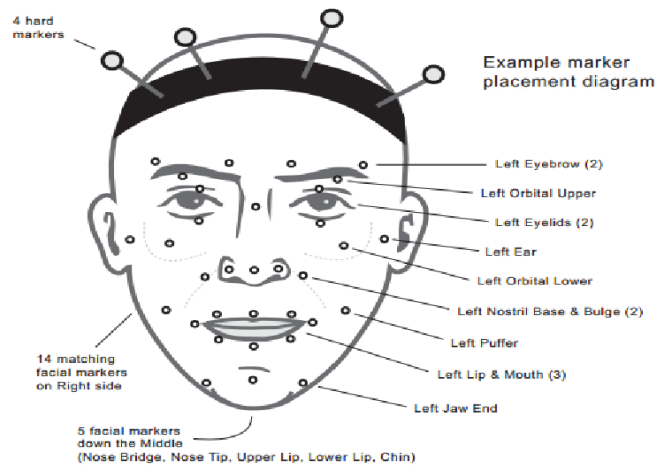
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 1. Langkah penelitian dimulai dari model akuisisi data, kemudian dilanjutkan pengembangan model wajah target. Langkah berikutnya adalah registrasi titik fitur yang kemudian dilanjutkan dengan transformasi ruang 3D berbasis radial basis function untuk menghasilkan titik fitur model wajah avatar 3D yang telah memiliki pergerakan animasi ekspresi wajah.



Gambar 1. Metode Penelitian Transforamsi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar berbasis Radial Basis Function

**Model Akuisisi Data**

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan data gerak wajah. Model akuisisi data yang digunakan berbasis *motion capture* menggunakan *OptiTrack Motion Capture System* dengan 6 buah kamera Flex 3 (0.3 MP, 100 FPS). Akuisisi data berbasis penanda (marker) dengan penempatan penanda pada actor mengacu pada pendekatan *Facial Action Coding System (FACS)*.



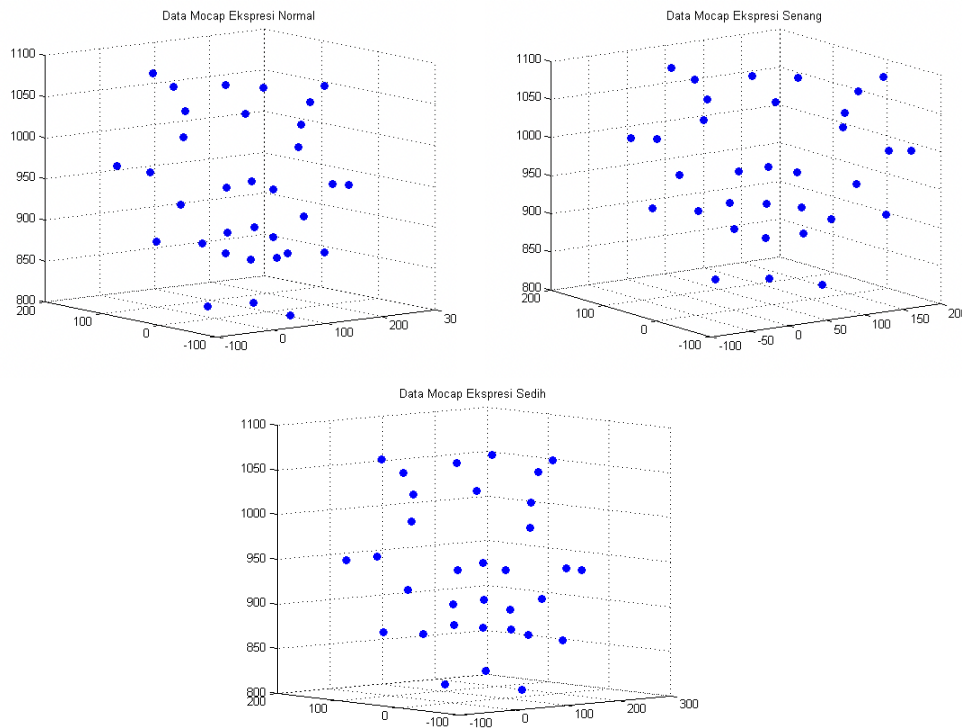
**Gambar 2.** Acuan Penempatan Titik Fitur Pada Wajah Pada Optitrack[12]

Gambar 2 merupakan acuan penempatan titik fitur pada wajah digunakan sebagai acuan untuk menempatkan penanda pada aktor. Model penempatan penanda ini membantu dalam proses perekam data untuk mendapatkan ekspresi wajah yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Proses berikutnya merupakan proses perekaman ekspresi wajah pada aktor. Aktor akan mempergarakan 6 ekspresi dasar yaitu marah, kaget, jijik, takut, senang dan sedih [13]. Proses perekaman ekspresi dasar manusia pada aktor di gambarkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Proses Perekaman Ekspresi Wajah Pada Aktor

Hasil yang didapat dari proses perekaman ekspresi wajah pada actor berupa data *facial motion capture*. Secara umum, data *facial motion capture* terdiri dari bidang koordinat x, y, dan z. Beberapa Data *facial motion capture* yang dihasilkan dari proses perekaman ekspresi wajah pada aktor disajikan dalam bentuk koordinat sesuai dengan Gambar 4.

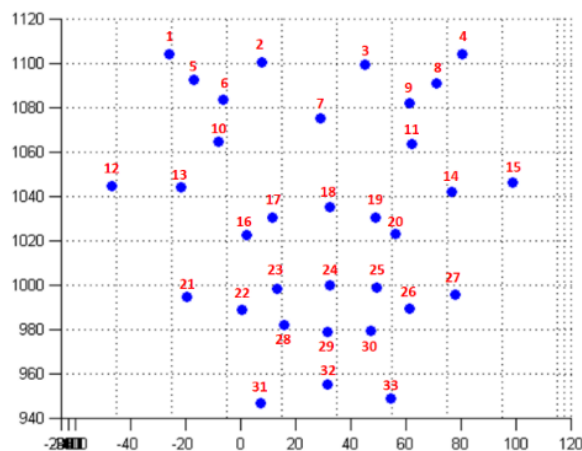


Gambar 4. Data Facial Fotion Capture Hasil Perekaman Ekspresi Wajah pada Aktor dalam Sistem Koordinat

Data facial motion capture ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang radial basis function untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah karakter.

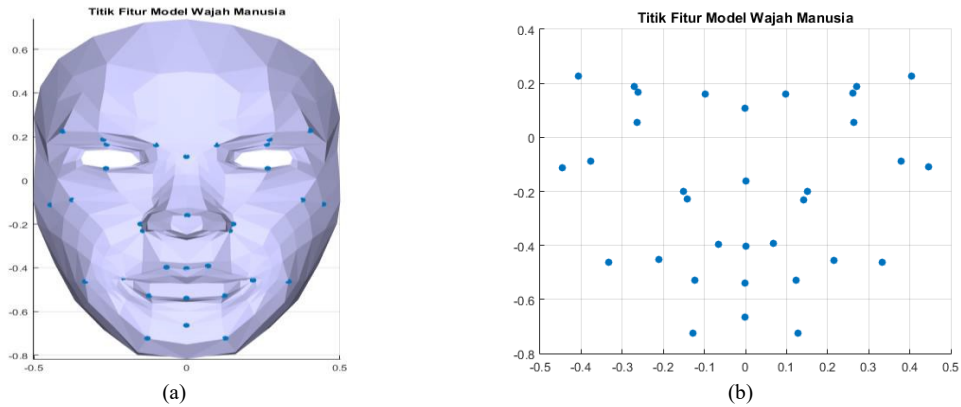
**Facial Rigging**

Facial rigging merupakan proses pembuatan kendali wajah untuk melakukan pembentukan animasi yang dilakukan oleh animator. Pada penelitian ini proses facial rigging dilakukan pada tiap model dari karakter wajah yang digunakan. Proses pembentukan facial rigging berupa pemberian titik fitur pada topeng wajah yang mengacu pada pendekatan FACS yang digunakan dalam optitrack motion capture system [14] seperti pada gambar 2. Untuk mempermudah dalam proses penggunaan ulang animasi pada model wajah serta memberikan analisa terhadap perpindahan titik fitur yang ada, lokasi titik fitur wajah diberi nomor secara manual. Pemberian nomor tersebut juga bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan pengaksesan data koordinat sehingga ketika proses perindahan titik fitur tidak terlihat secara visual masih dapat dilakukan pengamatan terhadap perubahan data yang terjadi.

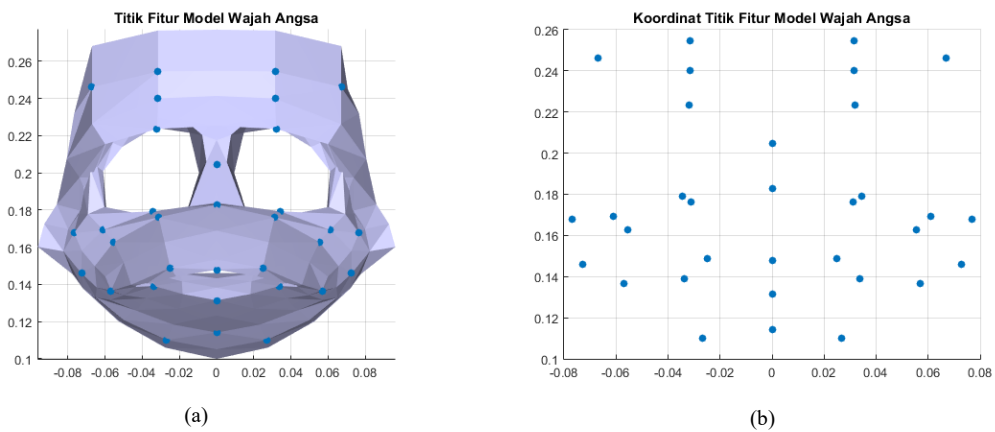


Gambar 5. Pemberian nomor pada titik fitur wajah

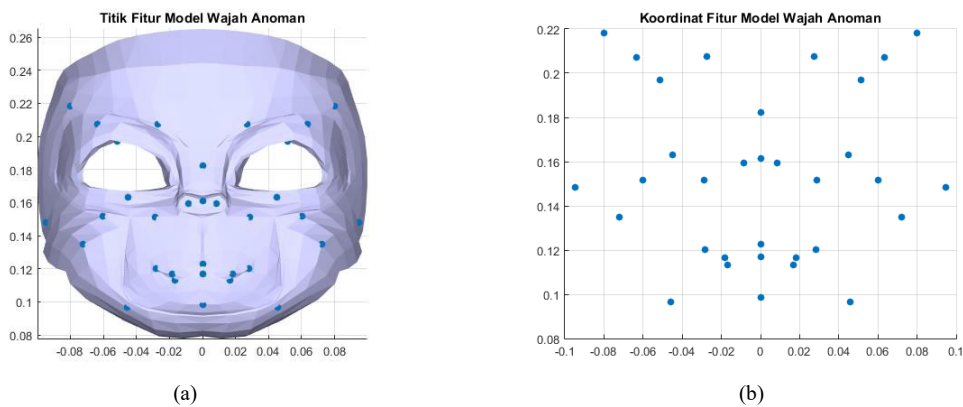
Proses *facial rigging* ini dilakukan secara manual pada tiap model avatar. Hasilnya dari proses *facial rigging* ini berupa data koordinat titik fitur topeng wajah dari model avatar yang digunakan. Koordinat titik fitur topeng wajah tersebut akan digunakan sebagai centroid proses *retargeting*. Data *facial motion capture* ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang *radial basis function* untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah avatar. Penelitian ini menggunakan 3 model wajah avatar, yaitu manusia, angsa dan anoman.



Gambar 6. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar manusia. (b) Titik fitur model wajah avatar manusia dalam sistem koordinat



Gambar 7. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar angsa. (b) Titik fitur model wajah avatar angsa dalam sistem koordinat



Gambar 8. (a) Lokasi titik fitur pada model avatar karakter anoman. (b) Titik fitur model wajah avatar anoman dalam sistem koordinat

Hasil yang didapatkan dalam proses registrasi pada model wajah avatar berupa data koordinat titik fitur model avatar karakter pada gambar 6,7 dan \*.

### Radial Basis Function

Radial Basis Functions (RBF) sering dipakai pada aplikasi grafika komputer dalam proses perkiraan dan interpolasi permukaan. Pada penelitian ini, RBF digunakan sebagai transformasi ruang. Untuk melakukan hal ini, didefinisikan terlebih dahulu dua buah ruang dengan dua buah himpunan titik fitur. Misalkan saja  $S_0$  sebagai himpunan titik fitur sumber,  $T_0$  sebagai himpunan titik fitur target, dan  $N$  adalah ukuran himpunan. Setiap titik pengendali  $\vec{t}_t \in T_0$  memiliki hubungan dengan  $t_i \in T_0$ . Setelah dilakukan pelatihan dengan dua buah himpunan titik fitur tersebut, RBF dapat melakukan transformasi posisi dari ruang sumber ke ruang target dengan perumusan RBF:

$$F(\vec{S}_j) = \sum_{i=1}^N \vec{W}_i \cdot h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$$

Dengan

$$h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|) = \sqrt{(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)^2 + sc_j^2} \quad (\text{fungsi muti-kuadrik})$$

$$sc_j = \min_{j \neq 1} \|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|$$

Pelatihan jaringan terdiri atas proses penyelesaian 3 sistem linier dari persamaan  $N$  (pada kasus 3 dimensional) seperti:

$$\vec{t}_j = F(\vec{S}_j)$$

Misalkan  $H$  adalah sebuah matrik seperti  $H_{ij} = h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$  dan  $T_x = (t_1^x t_2^x \dots t_N^x)^t$  dimana  $t_j^x$  adalah koordinat  $x$  dari  $\vec{t}_j$ . Maka dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan (3.2), sistem dapat didefinisikan sebagai:

$$T_x = H \cdot W_x$$

dengan bobot  $W_x = (w_1^x w_2^x \dots w_N^x)^t$ . Sehingga untuk menyelesaikan system dihitunglah nilai  $W_x = H^{-1} T_x$ . Sekali jaringan RBF dilatih untuk setiap sumbu, posisi di ruang target  $\vec{t}$  untuk setiap titik  $\vec{s}$  dari ruang sumber didapatkan dengan menerapkan transformasi  $F(\vec{s})$ .

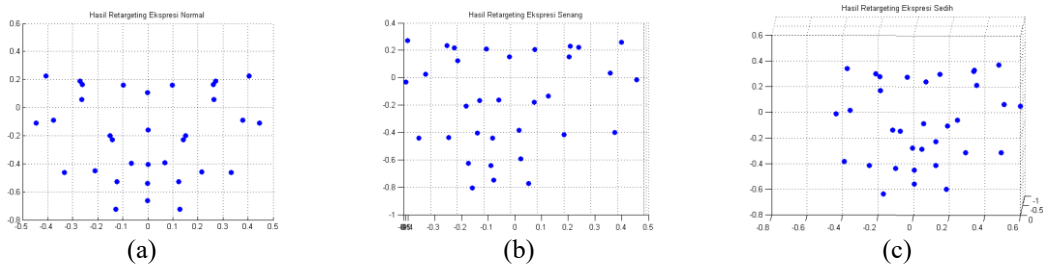
## Hasil dan Pembahasan

### Inisialiasasi

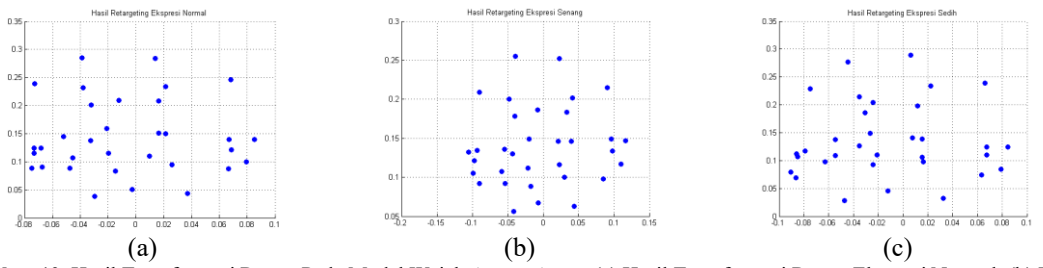
Transformasi ruang menggunakan *radial basis function* digunakan sebagai cara untuk melakukan transformasi ruang ekspresi wajah antara data *facial motion capture* dan target model wajah. Bentuk morfologis wajah manusia secara umum sangat bervariasi dan memiliki perbedaan dengan bentuk morfologis karakter 3D seperti karakter kartun, monster ataupun binatang. Hal ini mengakibatkan pergerakan dari titik fitur yang menggunakan wajah manusia sebagai sumber data animasi tidak dapat langsung dipergunakan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan data animasi tersebut seperti skala dan orientasi.

Transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function* (RBF) memberikan solusi untuk mengatasi hal tersebut. Titik fitur dari wajah sumber didefinisikan sebagai ruang sumber dan titik fitur dari model wajah target didefinisikan sebagai ruang target. Ada 2 tahapan dalam *radial basis function*, tahap pertama yaitu tahap inisialiasasi dan tahap kedua yaitu tahap *testing* yang digunakan sebagai tahapan untuk menentukan (prediksi) posisi penanda pada *frame* berikutnya dalam model wajah 3D. Sebagai tahapan awal ditentukan terlebih dahulu dua ruang perpindahan dengan dua set data titik fitur. Titik  $S_0$  didefinisikan sebagai titik fitur data *facial motion capture*,  $T_0$  didefinisikan sebagai titik fitur target wajah dan  $N$  sebagai banyaknya jumlah dari data yang dipakai. Pada penelitian ini menggunakan 33 titik fitur wajah sehingga nilai  $N = 33$ .

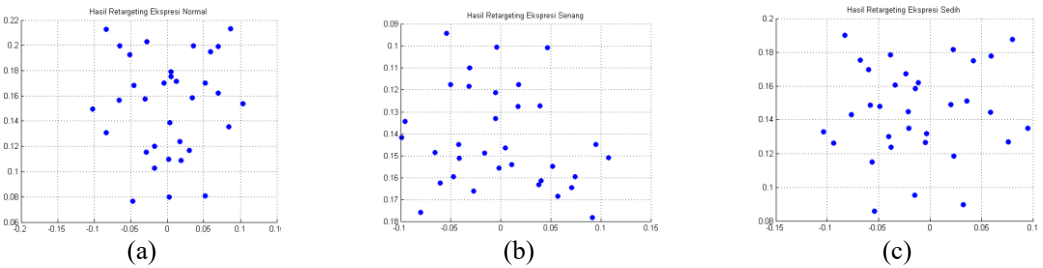
Hasil dari proses transformasi ruang RBF berupa koordinat baru pada titik fitur model wajah. Koordinat titik fitur baru pada model wajah jika digerakkan sesuai dengan pergerakan *frame* pada data *facial motion capture* akan melakukan pergerakan yang sama. Gambar berikut ini menampilkan beberapa sampel hasil perpindahan transformasi ruang RBF pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman dalam sistem koordinat.



**Gambar 9.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Manusia (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih



**Gambar 10.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Angsa (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

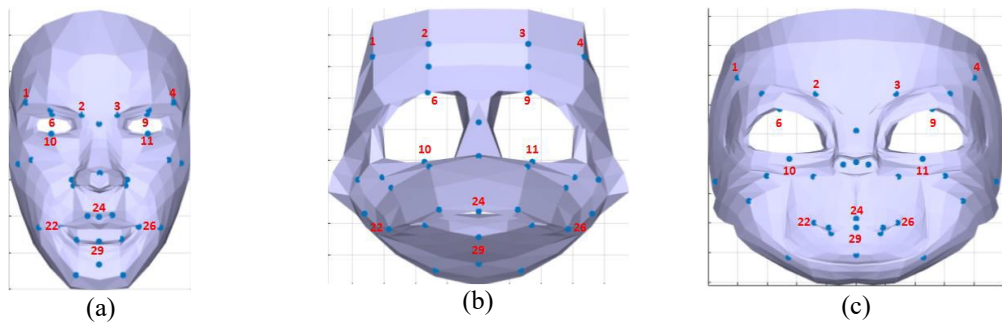


**Gambar 11.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Anoman (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

Gambar 9 merupakan hasil transformasi ruang pada model wajah avatar manusia. Gambar (a) menunjukkan hasil transformasi ruang ekspresi normal, (b) menunjukkan ekspresi senang dan (c) menunjukkan ekspresi sedih. Hasil transformasi ruang RBF ini di registrasikan korepondensi satu-satu antara titik fitur pada model wajah dengan data *motion capture*. Hasil yang serupa juga ditunjukkan pada model wajah avatar lainnya seperti model wajah avatar angsa pada gambar 10 dan model wajah avatar anoman seperti pada gambar 11. Tiap model ekspresi diwakilkan ekspresi normal, senang dan sedih. Dari Gambar 9, 10 dan 11 pada ekspresi normal hampir menunjukkan grafik yang sama, sedangkan untuk ekspresi senang dan sedih ada beberapa perbedaan dengan ekspresi normalnya.

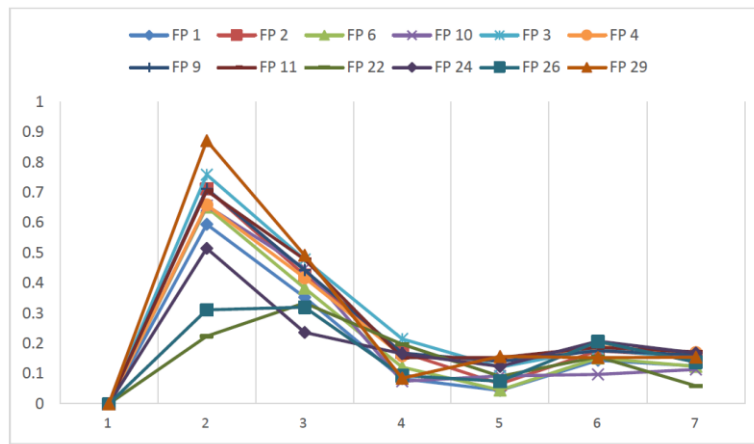
**Testing**

Tahapan testing transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dilakukan dengan melakukan pemilihan terhadap titik fitur dari data *facial motion capture* yang mewakili area gerak wajah dalam pembentukan ekspresi wajah. Titik fitur 1,2,6 dan 10 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kanan. Titik fitur 3,4,9 dan 11 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kiri dan titik fitur 22, 24, 26 dan 29 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mulut. Secara lengkap, ilustrasi pemilihan titik fitur dapat dilihat pada gambar 12.

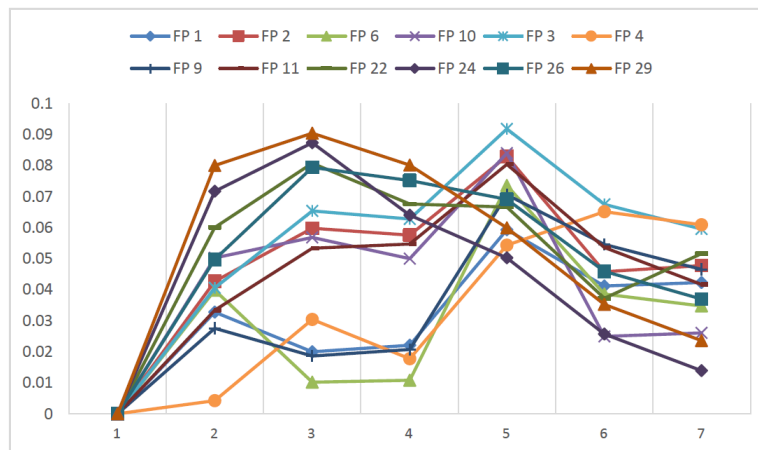


**Gambar 12.** Posisi Titik Fitur Yang Digunakan Sebagai Pembahasan Pada Model Wajah Avatar (a) Manusia (b) Angsa (c) Anoman.

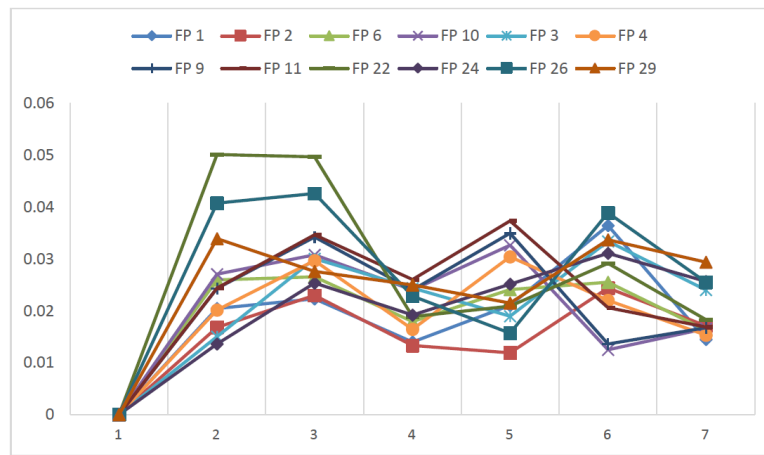
Pada pembahasan ini, digunakan data berupa 7 frame dari data *facial motion capture* dan data hasil dari proses transformasi ruang RBF. Data *facial motion capture* digunakan sebagai acuan untuk mengetahui terjadinya perpindahan titik fitur. Ketika titik fitur dari data *facial motion capture* berubah, maka semua titik fitur pada model wajah target bergerak sesuai dengan data sumbernya.



**Gambar 13.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Manusia



**Gambar 14.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Angsa



Gambar 15. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Anoman.

Dari gambar 13, 14 dan 15 pada frame ke-0 dari masing-masing model wajah avatar terjadi perubahan titik fitur berniali 0 atau pepindahan titik fitur. hal ini dikarenakan frame 0 merupakan *frame* dimana pergerakan titik fitur dimulai. Pada frame selanjutnya (1 – 6) terjadi perpindahan frame yang menandakan adanya pergerakan titik fitur.

Sebagai sampel diambil titik fitur 1,2, 3,4, 6, 9, 10, 11, 22, 24,26 dan 29. Perpindahan titik fitur diambil dari frame 1 sampai 6. Perubahan titik fitur ini menandakan adanya perubahan animasi pembentukan ekspresi wajah pada masing-masing model wajah avatar.

Dari grafik diketahui bahwa terjadi perpindahan titik fitur wajah pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman. Proses perpindahan titik fitur wajah terjadi secara linier dan bergantung pada banyaknya mesh wajah serta bagaimana bentuk morfologis dari model yang digunakan. Bentuk morfologis manusia atau yang mirip dengan manusia digambarkan dengan grafik yang hampir sama, sedangkan untuk model wajah yang memiliki morfologis berbeda seperti angsa dengan bibirnya yang lebar, memiliki grafik perpindahan yang berbeda.

Tingkat kesesuaian hasil proses transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dihitung dengan menggunakan pendekatan standar deviasi atau simpangan baku antara data *facial motion capture* dengan data hasil proses transformasi RBF. Hasil rata-rata perhitungan standar deviasi untuk semua titik fitur pembentuk animasi wajah pada model wajah 3D dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Simpangan Baku Hasil Proses Transformasi RBF pada Model Wajah 3D

Titik Fitur	Simpangan Baku Model Wajah 3D		
	Manusia	Angsa	Anoman
1	0.1945	0.0177	0.0102
2	0.2274	0.0233	0.0075
3	0.2397	0.0265	0.0102
4	0.2027	0.0251	0.0095
6	0.2118	0.0231	0.0088
9	0.2218	0.0224	0.0113
10	0.2251	0.0251	0.0107
11	0.2235	0.0228	0.0115
22	0.1038	0.0247	0.0167
24	0.1457	0.0299	0.0096
26	0.1122	0.0255	0.0144
29	0.2848	0.0314	0.0108
Rerata simpangan baku	0.0510	0.0034	0.0024

Hasil transformasi ruang pada model wajah 3D memiliki rerata simpangan baku 0,0510 pada model wajah karakter manusia, 0,0034 rerata simpangan baku pada model wajah karakter angsa dan 0,0024 rerata simpangan baku pada model wajah karakter anoman.

## Kesimpulan

Transformasi ruang 3D untuk membentuk animasi pada titik fitur model wajah avatar dengan metode radial basis function dan menggunakan data *facial motion capture* telah berhasil dilakukan. Penelitian ini menggunakan 3 buah sampel model wajah avatar 3D, yaitu model wajah avatar manusia, model wajah avatar angsa dan model wajah avatar anoman. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar manusia memiliki rerata simpangan baku 0,0510. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar angsa memiliki rerata simpangan baku 0,0034. Dan hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar anoman memiliki simpangan 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avata dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

Tahapan selanjutnya perlu dilakukan skinning agar data motion data pada model wajah avatar dapat membentuk animasi dengan sempurna. Tahapan lain dari penelitian untuk meningkatkan uji kehandalan dari transformasi ruang 3D perlu dilakukan penambahan model wajah avatar terutama yang memiliki perbedaan morfologis yang berbeberda supaya hasil transformasi ruang 3D mendapatkan hasil yang maksimal dari berbagai macam model wajah avatar. Model fungsi RBF yang lain seperti gaussian, invers kuadrik dan invers multi-kuradrik perlu diterapkan juga untuk mendapatkan uji model dari fungsi RBF yang terbaik.

## Daftar Pustaka

- [1] M. B. Nendya, "Animasi Ekspresi Wajah Pada Karakter Virtual 3 Dimensi Berbasis Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–84, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.899.
- [2] S. G. Gunanto, "Evaluasi Sintesis Ekspresi Wajah Realistik pada Sistem Animasi Wajah 3D dengan Teknologi Motion Capture," *REKAM J. Fotogr. Telev. dan Animasi*, vol. 14, no. 2, pp. 87–96, 2018, doi: 10.24821/rekam.v14i2.1747.
- [3] A. Fudholi, "Animasi Interaktif Pembelajaran Pengenalan dan Perancangan Jaringan Komputer," *Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. dan Log.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–40, 2015.
- [4] I. A. Zulkarnain, "Optimalisasi Face Rigging Pada Pembuatan Karakter Animasi 3D," *J. SITECH Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 185–192, 2019, doi: 10.24176/sitech.v2i2.3920.
- [5] S. Chin, C. Y. Lee, and J. Lee, "An automatic method for motion capture-based exaggeration of facial expressions with personality types," *Virtual Real.*, vol. 17, no. 3, pp. 219–237, 2013, doi: 10.1007/s10055-013-0227-8.
- [6] M. B. Nendya and S. G. Gunanto, "ANIMASI EKSPRESI WAJAH PADA AVATAR BERBASIS FEATURE- POINT CLUSTER B-86 B-87," *Pros. SENTIA 2014-Politeknik Negeri Malang*, vol. 6, pp. 86–90, 2014.
- [7] A. J. Sijabat, "Motion Capture Dalam Penciptaan Gerak Natural Karakter Alita Dalam Film 'Alita: Battle Angel,'" *Pros. Semin. Nas. Cendekiawan*, p. 2, 2019, doi: 10.25105/semnas.v0i0.5816.
- [8] L. Husniah, H. Wibowo, and M. Yuniarno, "Facial Rigging untuk Karakter 3D Berbasis Facial Action Coding System (FACS)," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–30, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.896.
- [9] F. I. Parke, "Computer generated animation of face," *Proc. ACM Annu. Conf.*, vol. 1, pp. 451–457, 1972.
- [10] J. Bennett and C. Carter, "Adopting Virtual Production For Animated Filmmaking," pp. 81–86, 2014, doi: 10.5176/2251-1679\_cgat14.21.
- [11] T. Troy and P. Pranowo, "Transformasi Ruang 2D Ke 3D Pada Animasi Wajah Berbasis Data Marker Menggunakan Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 2, no. 2, p. 229, 2016, doi: 10.24821/jags.v2i2.1422.
- [12] K. El-Haddad, H. Çakmak, E. Gilmartin, S. Dupont, and T. Dutoit, "Towards a listening agent: A system generating audiovisual laughs and smiles to show interest," *ICMI 2016 - Proc. 18th ACM Int. Conf. Multimodal Interact.*, pp. 248–255, 2016, doi: 10.1145/2993148.2993182.
- [13] S. Sumpeno, M. Hariadi, and M. H. Purnomo, "Facial emotional expressions of life-like character based on text classifier and fuzzy logic," *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 38, no. 2, pp. 122–133, 2011.

- 
- [14] M. B. Nendya, E. M. Yuniarno, and S. Sumpeno, "Clustering Titik Fitur Model Wajah 3D Menggunakan K-Nearest Neighbour," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 07, no. 01, pp. 19–24, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uc.ac.id/index.php/JUISI/article/view/1739>.

## Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis *Radial Basis Function*

### *3D Space Transform on Facial Animation of life-like Avatar Based on Radial Basis Function*

Matahari Bhakti Nendya<sup>\*1</sup>, Eko Mulyanto Yuniarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana

<sup>2</sup>Departemen Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
e-mail: didanendya@ti.ukdw.ac.id<sup>1</sup>, ekomulyanto@ee.its.ac.id<sup>2</sup>

#### Abstrak

Salah satu teknik pembentukan animasi wajah pada avatar dengan menggunakan ulang animasi yang ada baik dari animasi avatar lain atau animasi dari data gerak yang diperoleh menggunakan *facial motion capture*. Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk pembentukan animasi wajah pada avatar dalam game atau film animasi. Transformasi dilakukan dari data motion capture kedalam model wajah avatar 3D dengan 3 model wajah yaitu model wajah manusia, model wajah angsa dan model wajah anoman. Data motion capture ditransfer sesuai dengan titik fitur model wajah. Hasil yang didapatkan titik fitur model wajah akan memiliki animasi yang sesuai dengan data motion capture. Dari 3 model wajah target yang digunakan, hasil animasi dengan registrasi pada model wajah manusia memiliki rata-rata simpangan baku 0,0510. Pada model wajah angsa memiliki rata-rata simpangan baku 0,0034 dan pada model wajah anoman memiliki rata-rata simpangan baku 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avatar dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

**Kata Kunci:** animasi wajah, avatar, data motion capture, transformasi ruang 3D, radial basis function.

#### Abstract

*One technique for forming facial animations on avatars is by reusing existing animations, either from other avatar animations or animations from motion data obtained using facial motion capture. This research focuses on the transformation of 3D space for the formation of facial animations on avatars in games or animated films. The transformation is carried out from motion capture data into a 3D avatar face model with 3 face models, namely the human face model, the swan face model and the anoman face model. The motion capture data is transferred according to the feature points of the face model. The results obtained by the facial model feature points will have animations that match the motion capture data. Of the 3 target face models used, the animation results with registration on the human face model have an average standard deviation is 0,0510. The goose face model has an average standard deviation is 0.0034 and the anoman face model has an average standard deviation is 0,0024. With this technique, it is hoped that the formation of facial expression animation on Avatar can be done more quickly because of the reuse of facial motion capture data.*

**Keywords:** facial animation, life-like avatar, motion capture data, 3D space transform, radial basis function.

#### Pendahuluan

Bentuk dari penggunaan karakter digital adalah avatar. Avatar berperan sebagai representasi personal seseorang dalam dunia digital. Bentuk representasi personal dengan menggunakan avatar dapat berupa orang, robot, superhero, karakter kartun atau binatang. Avatar dalam *game* *ber-gerne Real Time Strategy* (RTS) direpresentasikan dalam bentuk wajah dari karakter yang digunakan. Bentuk karakter wajah tersebut sangat erat kaitannya dengan animasi wajah karena memperkuat keberadaan karakter [1].

Teknik tradisional pembentukan animasi ekspresi model wajah tergantung pada kemampuan seniman untuk membuat gerakan kunci dan menggabungkannya menjadi serangkaian gerakan ekspresi

---

<sup>\*</sup>) Penulis Korespondensi: didanendya@ti.ukdw.ac.id

wajah [2]. Video game dengan aturan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah sebagai media komunikasi atau interaksi dengan area permainannya [3]. Keterbatasan sumber daya seringkali membuat hal ini ditiadakan. Akan tetapi dengan munculnya sistem permainan yang diselingi film animasi yang berupa *cut scene*, animasi ekspresi wajah menjadi hal yang mutlak untuk memberikan aspek hiburan bagi pemain [4].

Game dengan aturan permainan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah dalam melakukan komunikasi atau interaksi dengan area permainannya. Karena sumber daya yang terbatas, animasi wajah dalam game sering ditiadakan. Namun akhir-akhir ini dengan munculnya sistem permainan game yang diselingi film animasi didalamnya menuntut keberadaan animasi ekspresi wajah yang mutlak ada untuk memberikan aspek hiburan dan cerita bagi si pemain [1].

Ekspresi wajah memiliki peran penting dalam model komunikasi nonverbal [5]. Untuk menghasilkan model ekspresi yang natural pada avatar, digunakan teknik transfer animasi dari animasi lain atau dengan menggunakan *data motion capture* wajah [6]. *Data motion capture* yang digunakan berasal dari wajah manusia yang kemudian dipindai melalui *facial motion capture* berdasarkan titik fitur wajah [7]. Titik fitur wajah yang digunakan mengacu pada *Facial Action Coding System* (FACS) [8] [9].

*Facial motion capture* akan menyimpan posisi dan orientasi dari satu obyek dan kemudian merekam informasi yang digunakan dalam koordinat di dunia maya [10]. Problematika yang muncul dalam menggunakan *data motion capture* ada pada pemetaan ulang titik fitur pada bentuk karakter yang berbeda secara morfologis dan skala penerapannya. [11].

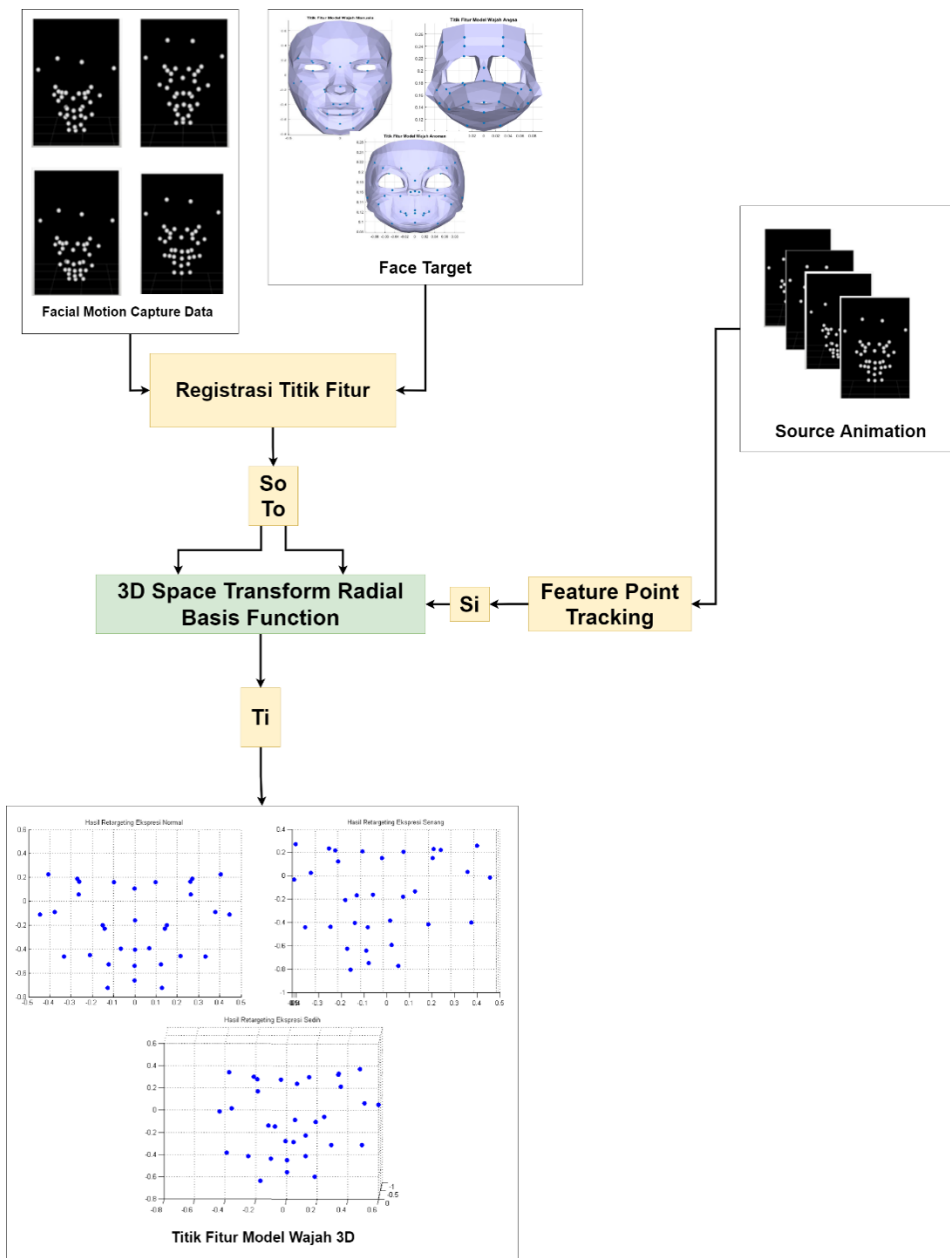
Teknik pembentukan animasi wajah yang dianggap efektif dari kecepatan produksi adalah teknik penggunaan ulang animasi wajah (*retargetting*). Cara ini mengusung penggunaan data *facial motion capture* yang kemudian di transformasikan melalui transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function*. Karakter virtual 3 dimensi yang dihasilkan mampu melakukan visualisasi ekspresi wajah yang sesuai dengan ekspresi wajah manusia dengan memiliki nilai rata-rata simpangan baku 0.0034 [1].

Teknik transformasi ruang Radial Basis Function (RBF) digunakan untuk mengatasi perbedaan morfologi pada wajah manusia yang menjadi sumber acuan ekspresi dengan wajah model 3D yang menjadi target animasi. RBF digunakan dalam menentukan posisi titik fitur pada wajah model 3D berdasarkan posisi titik marker pada citra 2D wajah manusia. [11].

Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk penggunaan ulang animasi ekspresi wajah dari data motion capture kedalam model wajah 3D. Data motion capture dan model wajah 3D melakukan registrasi titik fitur sebagai model transfer animasinya. Pada penelitian ini menggunakan 3(tiga) buah model wajah, yaitu model wajah 3D manusia, model wajah 3D angsa dan model wajah 3D anoman. Ketiga model wajah ini digunakan untuk menguji bentuk morfologis yang berbeda dari masing-masing model wajah.

## Metode Penelitian

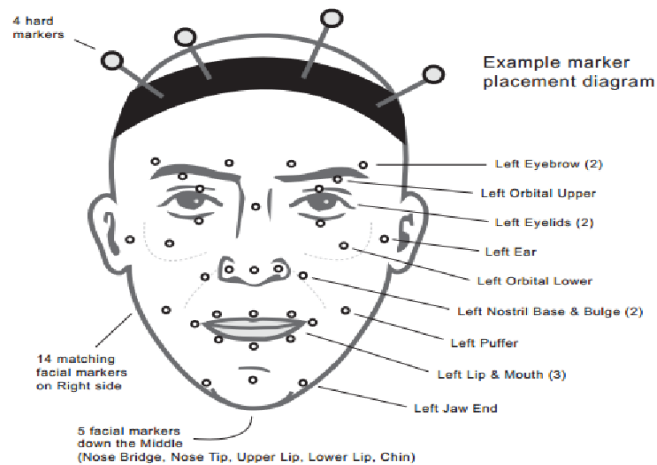
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 1. Langkah penelitian dimulai dari model akuisisi data, kemudian dilanjutkan pengembangan model wajah target. Langkah berikutnya adalah registrasi titik fitur yang kemudian dilanjutkan dengan transformasi ruang 3D berbasis radial basis function untuk menghasilkan titik fitur model wajah avatar 3D yang telah memiliki pergerakan animasi ekspresi wajah.



Gambar 1. Metode Penelitian Transforansi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar berbasis Radial Basis Function

**Model Akuisisi Data**

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan data gerak wajah. Model akuisisi data yang digunakan berbasis *motion capture* menggunakan *OptiTrack Motion Capture System* dengan 6 buah kamera Flex 3 (0.3 MP, 100 FPS). Akuisis data berbasis penanda (marker) dengan penempatan penanda pada actor mengacu pada pendekatan *Facial Action Coding System (FACS)*.



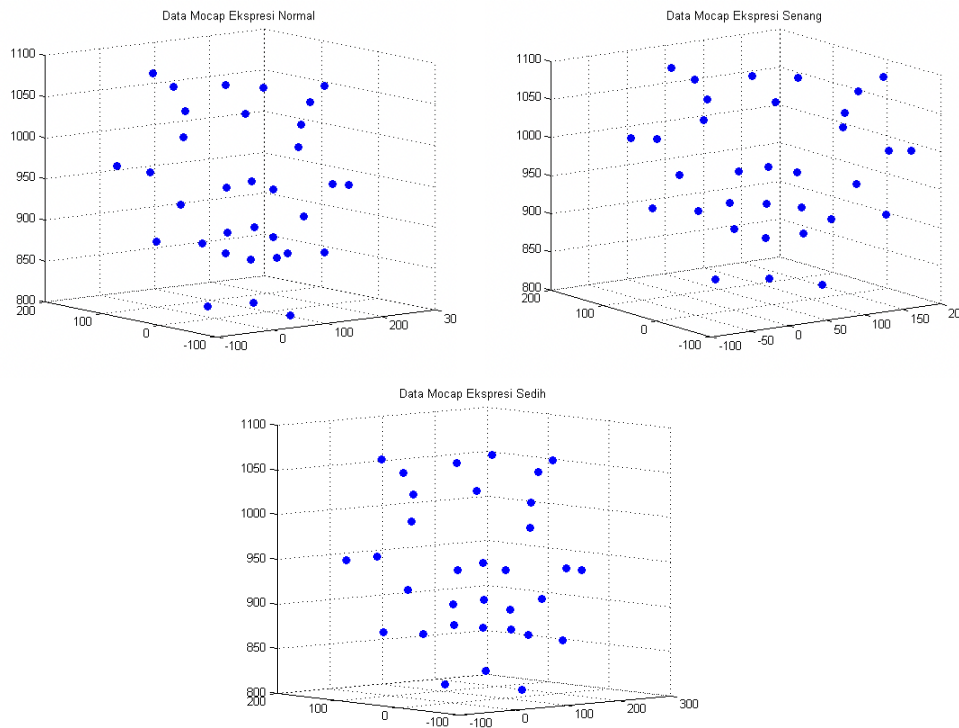
**Gambar 2.** Acuan Penempatan Titik Fitur Pada Wajah Pada Optitrack[12]

Gambar 2 merupakan acuan penempatan titik fitur pada wajah digunakan sebagai acuan untuk menempatkan penanda pada aktor. Model penempatan penanda ini membantu dalam proses perekam data untuk mendapatkan ekspresi wajah yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Proses berikutnya merupakan proses perekaman ekspresi wajah pada aktor. Aktor akan mempergarakan 6 ekspresi dasar yaitu marah, kaget, jijik, takut, senang dan sedih [13]. Proses perekaman ekspresi dasar manusia pada aktor di gambarkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Proses Perekaman Ekspresi Wajah Pada Aktor

Hasil yang didapat dari proses perekaman ekspresi wajah pada actor berupa data *facial motion capture*. Secara umum, data *facial motion capture* terdiri dari bidang koordinat x, y, dan z. Beberapa Data *facial motion capture* yang dihasilkan dari proses perekaman ekspresi wajah pada aktor disajikan dalam bentuk koordinat sesuai dengan Gambar 4.

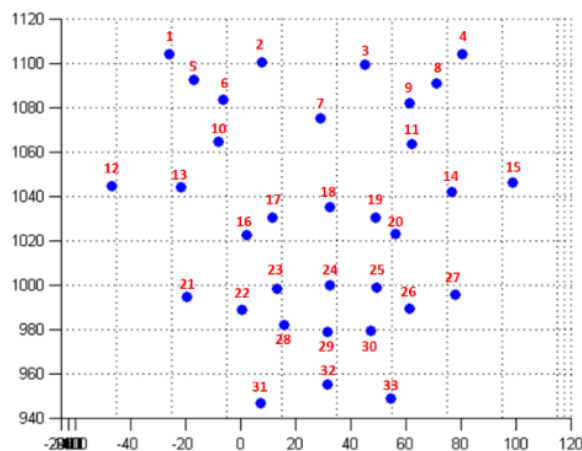


Gambar 4. Data Facial Motion Capture Hasil Perekaman Ekspresi Wajah pada Aktor dalam Sistem Koordinat

Data facial motion capture ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang radial basis function untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah karakter.

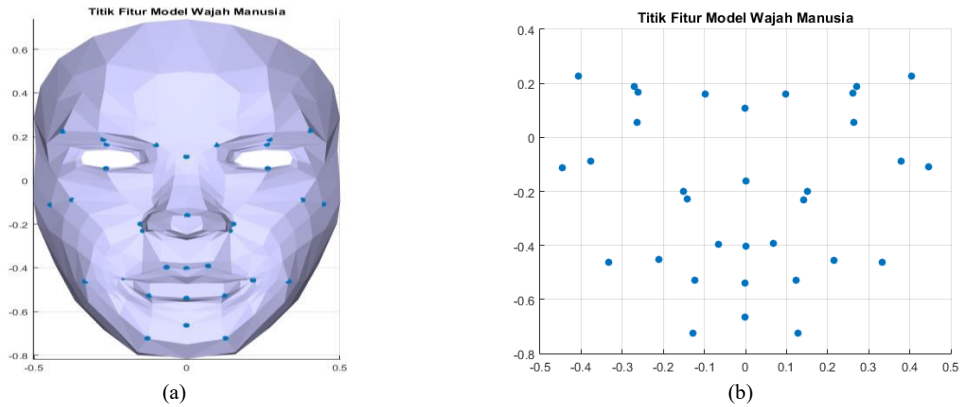
**Facial Rigging**

Facial rigging merupakan proses pembuatan kendali wajah untuk melakukan pembentukan animasi yang dilakukan oleh animator. Pada penelitian ini proses facial rigging dilakukan pada tiap model dari karakter wajah yang digunakan. Proses pembentukan facial rigging berupa pemberian titik fitur pada topeng wajah yang mengacu pada pendekatan FACS yang digunakan dalam optitrack motion capture system [14] seperti pada gambar 2. Untuk mempermudah dalam proses penggunaan ulang animasi pada model wajah serta memberikan analisa terhadap perpindahan titik fitur yang ada, lokasi titik fitur wajah diberi nomor secara manual. Pemberian nomor tersebut juga bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan pengaksesan data koordinat sehingga ketika proses perindahan titik fitur tidak terlihat secara visual masih dapat dilakukan pengamatan terhadap perubahan data yang terjadi.

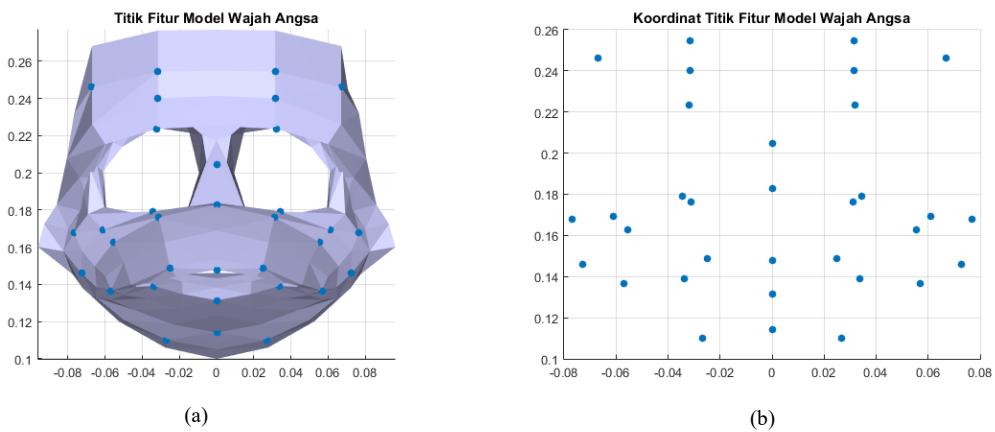


Gambar 5. Pemberian nomor pada titik fitur wajah

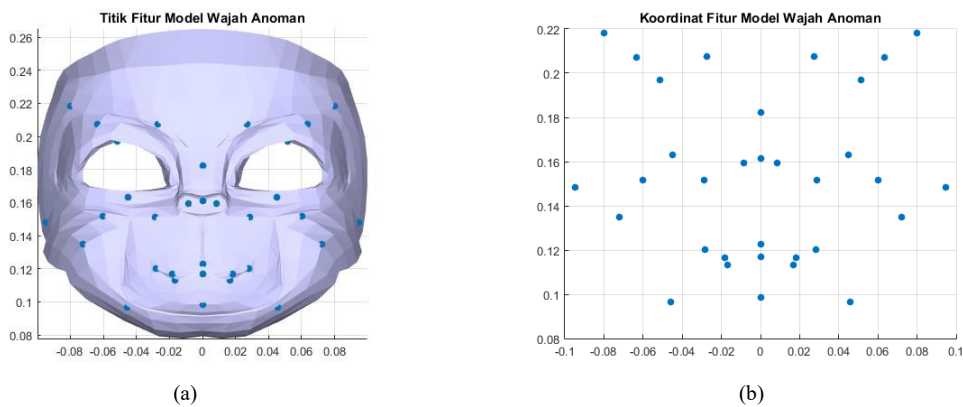
Proses *facial rigging* ini dilakukan secara manual pada tiap model avatar. Hasilnya dari proses *facial rigging* ini berupa data koordinat titik fitur topeng wajah dari model avatar yang digunakan. Koordinat titik fitur topeng wajah tersebut akan digunakan sebagai centroid proses retargeting. Data *facial motion capture* ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang *radial basis function* untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah avatar. Penelitian ini menggunakan 3 model wajah avatar, yaitu manusia, angsa dan anoman.



Gambar 6. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar manusia. (b) Titik fitur model wajah avatar manusia dalam sistem koordinat



Gambar 7. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar angsa. (b) Titik fitur model wajah avatar angsa dalam sistem koordinat



Gambar 8. (a) Lokasi titik fitur pada model avatar karakter anoman. (b) Titik fitur model wajah avatar anoman dalam sistem koordinat

Hasil yang didapatkan dalam proses registrasi pada model wajah avatar berupa data koordinat titik fitur model avatar karakter pada gambar 6,7 dan \*.

### Radial Basis Function

Radial Basis Functions (RBF) sering dipakai pada aplikasi grafika komputer dalam proses perkiraan dan interpolasi permukaan. Pada penelitian ini, RBF digunakan sebagai transformasi ruang. Untuk melakukan hal ini, didefinisikan terlebih dahulu dua buah ruang dengan dua buah himpunan titik fitur. Misalkan saja  $S_0$  sebagai himpunan titik fitur sumber,  $T_0$  sebagai himpunan titik fitur target, dan  $N$  adalah ukuran himpunan. Setiap titik pengendali  $\vec{t}_t \in T_0$  memiliki hubungan dengan  $t_i \in T_0$ . Setelah dilakukan pelatihan dengan dua buah himpunan titik fitur tersebut, RBF dapat melakukan transformasi posisi dari ruang sumber ke ruang target dengan perumusan RBF:

$$F(\vec{S}_j) = \sum_{i=1}^N \vec{W}_i \cdot h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$$

Dengan

$$h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|) = \sqrt{(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)^2 + sc_j^2} \quad (\text{fungsi muti-kuadrik})$$

$$sc_j = \min_{j \neq 1} \|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|$$

Pelatihan jaringan terdiri atas proses penyelesaian 3 sistem linier dari persamaan N (pada kasus 3 dimensional) seperti:

$$\vec{t}_j = F(\vec{S}_j)$$

Misalkan H adalah sebuah matrik seperti  $H_{ij} = h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$  dan  $T_x = (t_1^x t_2^x \dots t_N^x)^t$  dimana  $t_j^x$  adalah koordinat x dari  $\vec{t}_j$ . Maka dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan (3.2), sistem dapat didefinisikan sebagai:

$$T_x = H \cdot W_x$$

dengan bobot  $W_x = (w_1^x w_2^x \dots w_N^x)^t$ . Sehingga untuk menyelesaikan system dihitunglah nilai  $W_x = H^{-1} T_x$ . Sekali jaringan RBF dilatih untuk setiap sumbu, posisi di ruang target  $\vec{t}$  untuk setiap titik  $\vec{s}$  dari ruang sumber didapatkan dengan menerapkan transformasi  $F(\vec{s})$ .

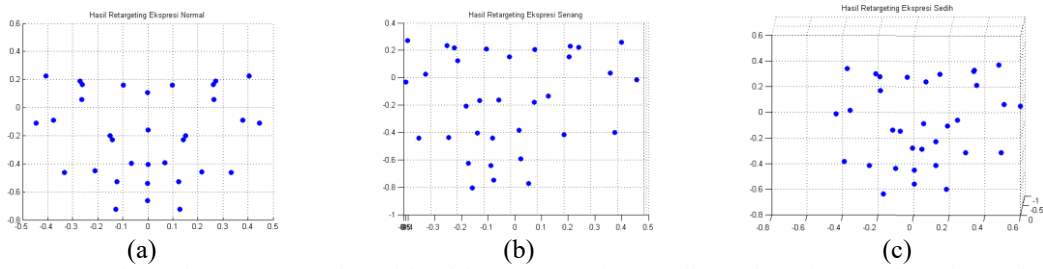
## Hasil dan Pembahasan

### Inisialiasasi

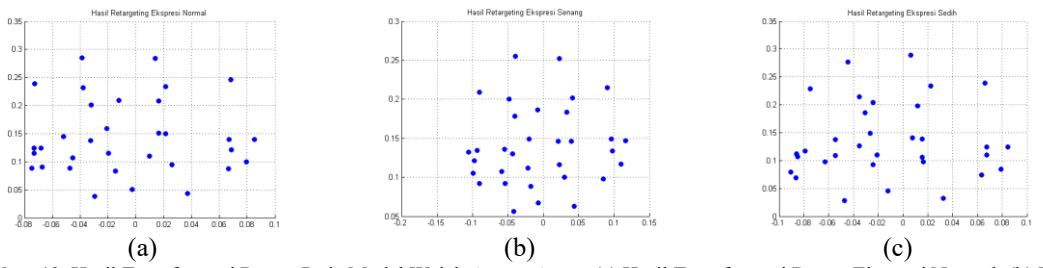
Transformasi ruang menggunakan *radial basis function* digunakan sebagai cara untuk melakukan transformasi ruang ekspresi wajah antara data *facial motion capture* dan target model wajah. Bentuk morfologis wajah manusia secara umum sangat bervariasi dan memiliki perbedaan dengan bentuk morfologis karakter 3D seperti karakter kartun, monster ataupun binatang. Hal ini mengakibatkan pergerakan dari titik fitur yang menggunakan wajah manusia sebagai sumber data animasi tidak dapat langsung dipergunakan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan data animasi tersebut seperti skala dan orientasi.

Transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function* (RBF) memberikan solusi untuk mengatasi hal tersebut. Titik fitur dari wajah sumber didefinisikan sebagai ruang sumber dan titik fitur dari model wajah target didefinisikan sebagai ruang target. Ada 2 tahapan dalam *radial basis function*, tahap pertama yaitu tahap inisialiasasi dan tahap kedua yaitu tahap *testing* yang digunakan sebagai tahapan untuk menentukan (prediksi) posisi penanda pada *frame* berikutnya dalam model wajah 3D. Sebagai tahapan awal ditentukan terlebih dahulu dua ruang perpindahan dengan dua set data titik fitur. Titik  $S_0$  didefinisikan sebagai titik fitur data *facial motion capture*,  $T_0$  didefinisikan sebagai titik fitur target wajah dan  $N$  sebagai banyaknya jumlah dari data yang dipakai. Pada penelitian ini menggunakan 33 titik fitur wajah sehingga nilai  $N = 33$ .

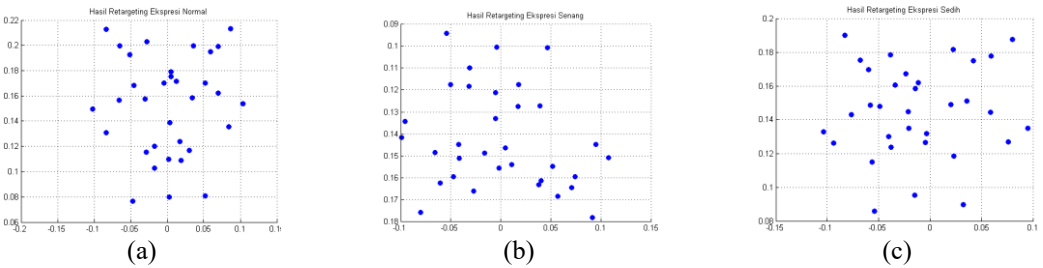
Hasil dari proses transformasi ruang RBF berupa koordinat baru pada titik fitur model wajah. Koordinat titik fitur baru pada model wajah jika digerakkan sesuai dengan pergerakan frame pada data *facial motion capture* akan melakukan pergerakan yang sama. Gambar berikut ini menampilkan beberapa sampel hasil perpindahan transformasi ruang RBF pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman dalam sistem koordinat.



**Gambar 9.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Manusia (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih



**Gambar 10.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Angsa (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

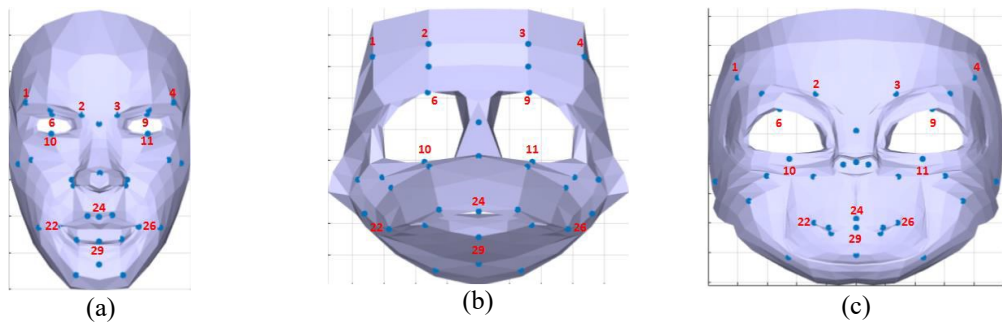


**Gambar 11.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Anoman (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

Gambar 9 merupakan hasil transformasi ruang pada model wajah avatar manusia. Gambar (a) menunjukkan hasil transformasi ruang ekspresi normal, (b) menunjukkan ekspresi senang dan (c) menunjukkan ekspresi sedih. Hasil transformasi ruang RBF ini di registrasikan korepondensi satu-satu antara titik fitur pada model wajah dengan data *motion capture*. Hasil yang serupa juga ditunjukkan pada model wajah avatar lainnya seperti model wajah avatar angsa pada gambar 10 dan model wajah avatar anoman seperti pada gambar 11. Tiap model ekspresi diwakilkan ekspresi normal, senang dan sedih. Dari Gambar 9, 10 dan 11 pada ekspresi normal hampir menunjukkan grafik yang sama, sedangkan untuk ekspresi senang dan sedih ada beberapa perbedaan dengan ekspresi normalnya.

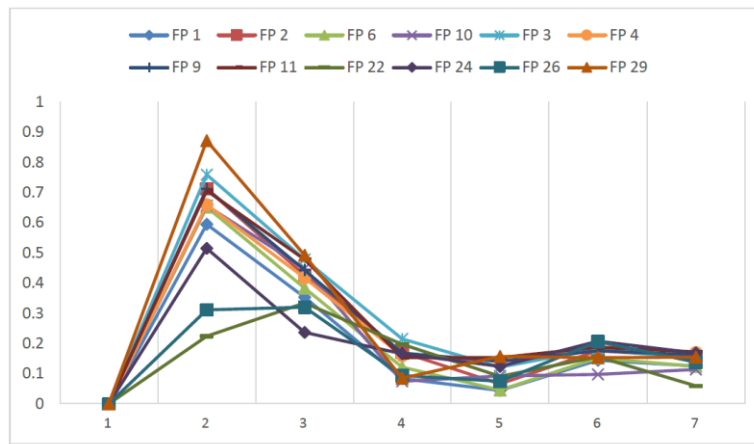
**Testing**

Tahapan testing transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dilakukan dengan melakukan pemilihan terhadap titik fitur dari data *facial motion capture* yang mewakili area gerak wajah dalam pembentukan ekspresi wajah. Titik fitur 1,2,6 dan 10 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kanan. Titik fitur 3,4,9 dan 11 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kiri dan titik fitur 22, 24, 26 dan 29 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mulut. Secara lengkap, ilustrasi pemilihan titik fitur dapat dilihat pada gambar 12.

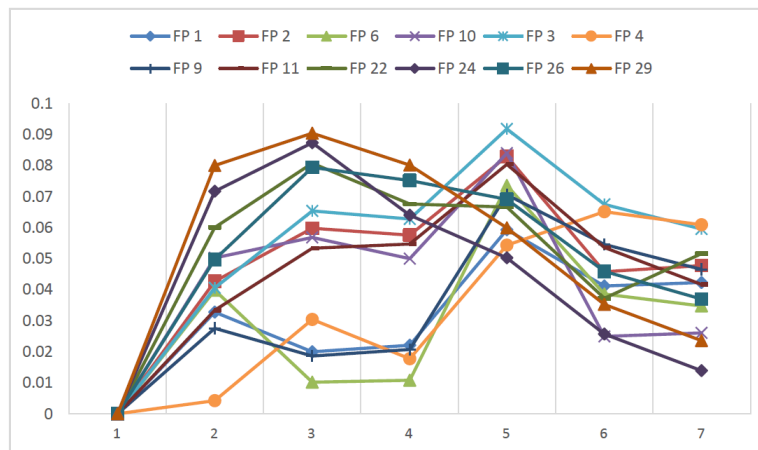


**Gambar 12.** Posisi Titik Fitur Yang Digunakan Sebagai Pembahasan Pada Model Wajah Avatar (a) Manusia (b) Angsa (c) Anoman.

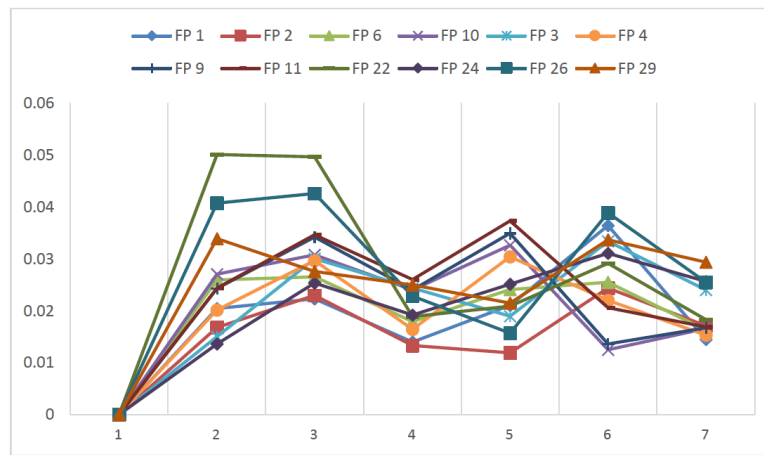
Pada pembahasan ini, digunakan data berupa 7 frame dari data *facial motion capture* dan data hasil dari proses transformasi ruang RBF. Data *facial motion capture* digunakan sebagai acuan untuk mengetahui terjadinya perpindahan titik fitur. Ketika titik fitur dari data *facial motion capture* berubah, maka semua titik fitur pada model wajah target bergerak sesuai dengan data sumbernya.



**Gambar 13.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Manusia



**Gambar 14.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Angsa



Gambar 15. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Anoman.

Dari gambar 13, 14 dan 15 pada frame ke-0 dari masing-masing model wajah avatar terjadi perubahan titik fitur berniali 0 atau pepindahan titik fitur. hal ini dikarenakan frame 0 merupakan *frame* dimana pergerakan titik fitur dimulai. Pada frame selanjutnya (1 – 6) terjadi perpindahan frame yang menandakan adanya pergerakan titik fitur.

Sebagai sampel diambil titik fitur 1,2, 3,4, 6, 9, 10, 11, 22, 24,26 dan 29. Perpindahan titik fitur diambil dari frame 1 sampai 6. Perubahan titik fitur ini menandakan adanya perubahan animasi pembentukan ekspresi wajah pada masing-masing model wajah avatar.

Dari grafik diketahui bahwa terjadi perpindahan titik fitur wajah pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman. Proses perpindahan titik fitur wajah terjadi secara linier dan bergantung pada banyaknya mesh wajah serta bagaimana bentuk morfologis dari model yang digunakan. Bentuk morfologis manusia atau yang mirip dengan manusia digambarkan dengan grafik yang hampir sama, sedangkan untuk model wajah yang memiliki morfologis berbeda seperti angsa dengan bibirnya yang lebar, memiliki grafik perpindahan yang berbeda.

Tingkat kesesuaian hasil proses transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dihitung dengan menggunakan pendekatan standar deviasi atau simpangan baku antara data *facial motion capture* dengan data hasil proses transformasi RBF. Hasil rata-rata perhitungan standar deviasi untuk semua titik fitur pembentuk animasi wajah pada model wajah 3D dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Simpangan Baku Hasil Proses Transformasi RBF pada Model Wajah 3D

Titik Fitur	Simpangan Baku Model Wajah 3D		
	Manusia	Angsa	Anoman
1	0.1945	0.0177	0.0102
2	0.2274	0.0233	0.0075
3	0.2397	0.0265	0.0102
4	0.2027	0.0251	0.0095
6	0.2118	0.0231	0.0088
9	0.2218	0.0224	0.0113
10	0.2251	0.0251	0.0107
11	0.2235	0.0228	0.0115
22	0.1038	0.0247	0.0167
24	0.1457	0.0299	0.0096
26	0.1122	0.0255	0.0144
29	0.2848	0.0314	0.0108
Rerata simpangan baku	0.0510	0.0034	0.0024

Hasil transformasi ruang pada model wajah 3D memiliki rerata simpangan baku 0,0510 pada model wajah karakter manusia, 0,0034 rerata simpangan baku pada model wajah karakter angsa dan 0,0024 rerata simpangan baku pada model wajah karakter anoman.

## Kesimpulan

Transformasi ruang 3D untuk membentuk animasi pada titik fitur model wajah avatar dengan metode radial basis function dan menggunakan data *facial motion capture* telah berhasil dilakukan. Penelitian ini menggunakan 3 buah sampel model wajah avatar 3D, yaitu model wajah avatar manusia, model wajah avatar angsa dan model wajah avatar anoman. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar manusia memiliki rerata simpangan baku 0,0510. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar angsa memiliki rerata simpangan baku 0,0034. Dan hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar anoman memiliki simpangan 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avata dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

Tahapan selanjutnya perlu dilakukan skinning agar data motion data pada model wajah avatar dapat membentuk animasi dengan sempurna. Tahapan lain dari penelitian untuk meningkatkan uji kehandalan dari transformasi ruang 3D perlu dilakukan penambahan model wajah avatar terutama yang memiliki perbedaan morfologis yang berbeberda supaya hasil transformasi ruang 3D mendapatkan hasil yang maksimal dari berbagai macam model wajah avatar. Model fungsi RBF yang lain seperti gaussian, invers kuadrik dan invers multi-kuradrik perlu diterapkan juga untuk mendapatkan uji model dari fungsi RBF yang terbaik.

## Daftar Pustaka

- [1] M. B. Nendya, "Animasi Ekspresi Wajah Pada Karakter Virtual 3 Dimensi Berbasis Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–84, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.899.
- [2] S. G. Gunanto, "Evaluasi Sintesis Ekspresi Wajah Realistik pada Sistem Animasi Wajah 3D dengan Teknologi Motion Capture," *REKAM J. Fotogr. Telev. dan Animasi*, vol. 14, no. 2, pp. 87–96, 2018, doi: 10.24821/rekam.v14i2.1747.
- [3] A. Fudholi, "Animasi Interaktif Pembelajaran Pengenalan dan Perancangan Jaringan Komputer," *Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. dan Log.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–40, 2015.
- [4] I. A. Zulkarnain, "Optimalisasi Face Rigging Pada Pembuatan Karakter Animasi 3D," *J. SITECH Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 185–192, 2019, doi: 10.24176/sitech.v2i2.3920.
- [5] S. Chin, C. Y. Lee, and J. Lee, "An automatic method for motion capture-based exaggeration of facial expressions with personality types," *Virtual Real.*, vol. 17, no. 3, pp. 219–237, 2013, doi: 10.1007/s10055-013-0227-8.
- [6] M. B. Nendya and S. G. Gunanto, "ANIMASI EKSPRESI WAJAH PADA AVATAR BERBASIS FEATURE- POINT CLUSTER B-86 B-87," *Pros. SENTIA 2014-Politeknik Negeri Malang*, vol. 6, pp. 86–90, 2014.
- [7] A. J. Sijabat, "Motion Capture Dalam Penciptaan Gerak Natural Karakter Alita Dalam Film 'Alita: Battle Angel,'" *Pros. Semin. Nas. Cendekiawan*, p. 2, 2019, doi: 10.25105/semnas.v0i0.5816.
- [8] L. Husniah, H. Wibowo, and M. Yuniarno, "Facial Rigging untuk Karakter 3D Berbasis Facial Action Coding System (FACS)," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–30, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.896.
- [9] F. I. Parke, "Computer generated animation of face," *Proc. ACM Annu. Conf.*, vol. 1, pp. 451–457, 1972.
- [10] J. Bennett and C. Carter, "Adopting Virtual Production For Animated Filmmaking," pp. 81–86, 2014, doi: 10.5176/2251-1679\_cgat14.21.
- [11] T. Troy and P. Pranowo, "Transformasi Ruang 2D Ke 3D Pada Animasi Wajah Berbasis Data Marker Menggunakan Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 2, no. 2, p. 229, 2016, doi: 10.24821/jags.v2i2.1422.
- [12] K. El-Haddad, H. Çakmak, E. Gilmartin, S. Dupont, and T. Dutoit, "Towards a listening agent: A system generating audiovisual laughs and smiles to show interest," *ICMI 2016 - Proc. 18th ACM Int. Conf. Multimodal Interact.*, pp. 248–255, 2016, doi: 10.1145/2993148.2993182.
- [13] S. Sumpeno, M. Hariadi, and M. H. Purnomo, "Facial emotional expressions of life-like character based on text classifier and fuzzy logic," *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 38, no. 2, pp. 122–133, 2011.

- 
- [14] M. B. Nendya, E. M. Yuniarno, and S. Sumpeno, "Clustering Titik Fitur Model Wajah 3D Menggunakan K-Nearest Neighbour," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 07, no. 01, pp. 19–24, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uc.ac.id/index.php/JUISI/article/view/1739>.

## COPYRIGHT FORM

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, atas nama semua penulis,

Nama Lengkap : Matahari Bhakti Nendya  
Email : didanendya@ti.ukdw.ac.id

Judul Artikel : Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis  
Radial Basis Function


institusi afiliasi : Universitas Kristen Duta Wacana

Dengan ini dengan ini menyatakan bahwa:

1. Artikel yang dibuat adalah hasil karya tulis orisinal dari penulis, belum pernah diserahkan atau diajukan (double submission) dan dipublikasikan di tempat/jurnal lain
2. Dengan diterimanya artikel diatas untuk publikasi, maka JINITA memiliki hak untuk mengubah dan mendistribusikan termasuk mencetak ulang, menerjemahkan, dan/atau membuat reproduksi artikel dalam bentuk lain baik secara *offline* maupun *online*.
3. Penulis artikel menjamin bahwa artikel diatas adalah asli (orisinal), kecuali untuk kutipan dari karya cipta orang lain dengan disertai izin dari pemegang hak cipta.
4. Penulis menjamin bahwa artikel diatas tidak mengandung pernyataan memfitnah dan tidak melanggar hak cipta, merek dagang, paten, hak hukum atau kepatutan orang lain.
5. Penulis pertama/kontributor bersedia mengambil tanggungjawab terhadap isi artikel, atas nama penulis kedua, ketiga dan seterusnya.

Tanggal : 08 Desember 2021

Tanda tangan:

  
Digitally signed by Matahari  
Bhakti Nendya  
Reason: I agree to the terms  
defined by the placement of my  
signature on this document  
Location: Yogyakarta  
Date: 2021.12.08 19:55:11 +07'00'

Nama Penulis: Matahari Bhakti Nendya

**Catatan:** Bilamana artikel anda tidak diterima maka surat ini dinyatakan tidak berlaku.

Formulir **yang telah diisi dan ditandatangani** di-*scan* dan disimpan dalam **format PDF** dan harus dikirimkan sebagai file *supplementary* saat pengiriman artikel. Jika kesulitan, penulis dapat mengirimkan ke email: **jinita.ejournal@pnc.ac.id**

## Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis *Radial Basis Function*

### *3D Space Transform on Facial Animation of life-like Avatar Based on Radial Basis Function*

Matahari Bhakti Nendya\*<sup>1</sup>, Eko Mulyanto Yuniarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana

<sup>2</sup>Departemen Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
e-mail: didanendya@ti.ukdw.ac.id<sup>1</sup>, ekomulyanto@ee.its.ac.id<sup>2</sup>

#### Abstrak

Salah satu teknik pembentukan animasi wajah pada avatar dengan menggunakan ulang animasi yang ada baik dari animasi avatar lain atau animasi dari data gerak yang diperoleh menggunakan *facial motion capture*. Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk pembentukan animasi wajah pada avatar dalam game atau film animasi. Transformasi dilakukan dari data motion capture ke dalam model wajah avatar 3D dengan 3 model wajah yaitu model wajah manusia, model wajah angsa dan model wajah anoman. Data motion capture ditransfer sesuai dengan titik fitur model wajah. Hasil yang didapatkan titik fitur model wajah akan memiliki animasi yang sesuai dengan data motion capture. Dari 3 model wajah target yang digunakan, hasil animasi dengan registrasi pada model wajah manusia memiliki rata-rata simpangan baku 0,0510. Pada model wajah angsa memiliki rata-rata simpangan baku 0,0034 dan pada model wajah anoman memiliki rata-rata simpangan baku 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avatar dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

**Kata Kunci:** animasi wajah, avatar, data motion capture, transformasi ruang 3D, radial basis function.

#### Abstract

*One technique for forming facial animations on avatars is by reusing existing animations, either from other avatar animations or animations from motion data obtained using facial motion capture. This research focuses on the transformation of 3D space for the formation of facial animations on avatars in games or animated films. The transformation is carried out from motion capture data into a 3D avatar face model with 3 face models, namely the human face model, the swan face model and the anoman face model. The motion capture data is transferred according to the feature points of the face model. The results obtained by the facial model feature points will have animations that match the motion capture data. Of the 3 target face models used, the animation results with registration on the human face model have an average standard deviation is 0,0510. The goose face model has an average standard deviation is 0.0034 and the anoman face model has an average standard deviation is 0,0024. With this technique, it is hoped that the formation of facial expression animation on Avatar can be done more quickly because of the reuse of facial motion capture data.*

**Keywords:** facial animation, life-like avatar, motion capture data, 3D space transform, radial basis function.

#### Pendahuluan

Bentuk dari penggunaan karakter digital adalah avatar. Avatar berperan sebagai representasi personal seseorang dalam dunia digital. Bentuk representasi personal dengan menggunakan avatar dapat berupa orang, robot, superhero, karakter kartun atau binatang. Avatar dalam *game* *ber-gerne Real Time Strategy* (RTS) direpresentasikan dalam bentuk wajah dari karakter yang digunakan. Bentuk karakter wajah tersebut sangat erat kaitannya dengan animasi wajah karena memperkuat keberadaan karakter [1].

Teknik tradisional pembentukan animasi ekspresi model wajah tergantung pada kemampuan seniman untuk membuat gerakan kunci dan menggabungkannya menjadi serangkaian gerakan ekspresi

---

\*) Penulis Korespondensi: didanendya@ti.ukdw.ac.id

wajah [2]. Video game dengan aturan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah sebagai media komunikasi atau interaksi dengan area permainannya [3]. Keterbatasan sumber daya seringkali membuat hal ini ditiadakan. Akan tetapi dengan munculnya sistem permainan yang diselingi film animasi yang berupa *cut scene*, animasi ekspresi wajah menjadi hal yang mutlak untuk memberikan aspek hiburan bagi pemain [4].

Game dengan aturan permainan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah dalam melakukan komunikasi atau interaksi dengan area permainannya. Karena sumber daya yang terbatas, animasi wajah dalam game sering ditiadakan. Namun akhir-akhir ini dengan munculnya sistem permainan game yang diselingi film animasi didalamnya menuntut keberadaan animasi ekspresi wajah yang mutlak ada untuk memberikan aspek hiburan dan cerita bagi si pemain [1].

Ekspresi wajah memiliki peran penting dalam model komunikasi nonverbal [5]. Untuk menghasilkan model ekspresi yang natural pada avatar, digunakan teknik transfer animasi dari animasi lain atau dengan menggunakan *data motion capture* wajah [6]. *Data motion capture* yang digunakan berasal dari wajah manusia yang kemudian dipindai melalui *facial motion capture* berdasarkan titik fitur wajah [7]. Titik fitur wajah yang digunakan mengacu pada *Facial Action Coding System* (FACS) [8] [9].

*Facial motion capture* akan menyimpan posisi dan orientasi dari satu obyek dan kemudian merekam informasi yang digunakan dalam koordinat di dunia maya [10]. Problematika yang muncul dalam menggunakan *data motion capture* ada pada pemetaan ulang titik fitur pada bentuk karakter yang berbeda secara morfologis dan skala penerapannya. [11].

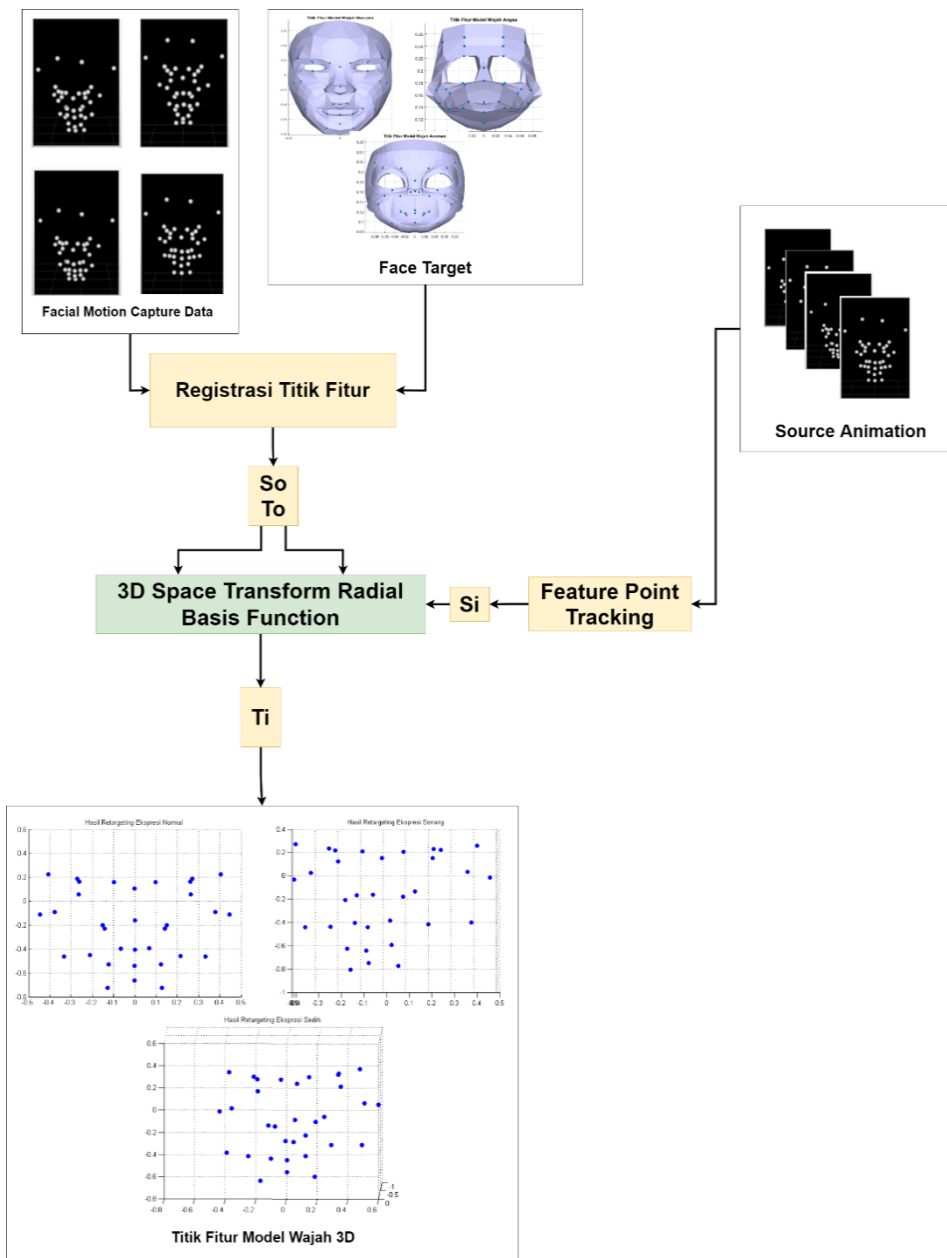
Teknik pembentukan animasi wajah yang dianggap efektif dari kecepatan produksi adalah teknik penggunaan ulang animasi wajah (*retargetting*). Cara ini mengusung penggunaan data *facial motion capture* yang kemudian di transformasikan melalui transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function*. Karakter virtual 3 dimensi yang dihasilkan mampu melakukan visualisasi ekspresi wajah yang sesuai dengan ekspresi wajah manusia dengan memiliki nilai rata-rata simpangan baku 0.0034 [1].

Teknik transformasi ruang Radial Basis Function (RBF) digunakan untuk mengatasi perbedaan morfologi pada wajah manusia yang menjadi sumber acuan ekspresi dengan wajah model 3D yang menjadi target animasi. RBF digunakan dalam menentukan posisi titik fitur pada wajah model 3D berdasarkan posisi titik marker pada citra 2D wajah manusia. [11].

Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk penggunaan ulang animasi ekspresi wajah dari data motion capture kedalam model wajah 3D. Data motion capture dan model wajah 3D melakukan registrasi titik fitur sebagai model transfer animasinya. Pada penelitian ini menggunakan 3(tiga) buah model wajah, yaitu model wajah 3D manusia, model wajah 3D angsa dan model wajah 3D anoman. Ketiga model wajah ini digunakan untuk menguji bentuk morfologis yang berbeda dari masing-masing model wajah.

### Metode Penelitian

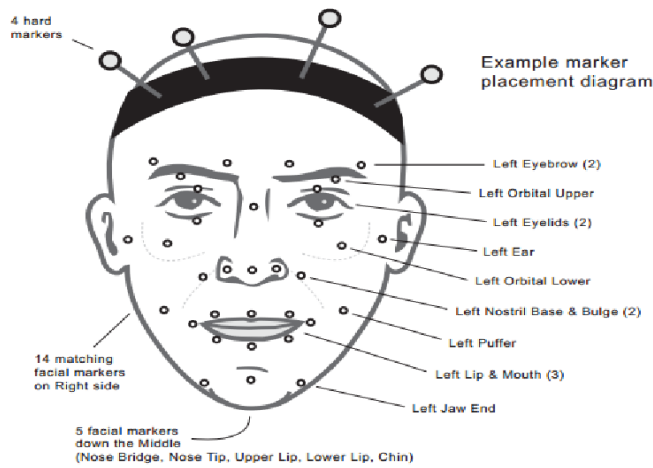
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 1. Langkah penelitian dimulai dari model akuisisi data, kemudian dilanjutkan pengembangan model wajah target. Langkah berikutnya adalah registrasi titik fitur yang kemudian dilanjutkan dengan transformasi ruang 3D berbasis radial basis function untuk menghasilkan titik fitur model wajah avatar 3D yang telah memiliki pergerakan animasi ekspresi wajah.



Gambar 1. Metode Penelitian Transforansi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar berbasis Radial Basis Function

**Model Akuisisi Data**

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan data gerak wajah. Model akuisisi data yang digunakan berbasis *motion capture* menggunakan *OptiTrack Motion Capture System* dengan 6 buah kamera Flex 3 (0.3 MP, 100 FPS). Akuisisi data berbasis penanda (marker) dengan penempatan penanda pada actor mengacu pada pendekatan *Facial Action Coding System (FACS)*.



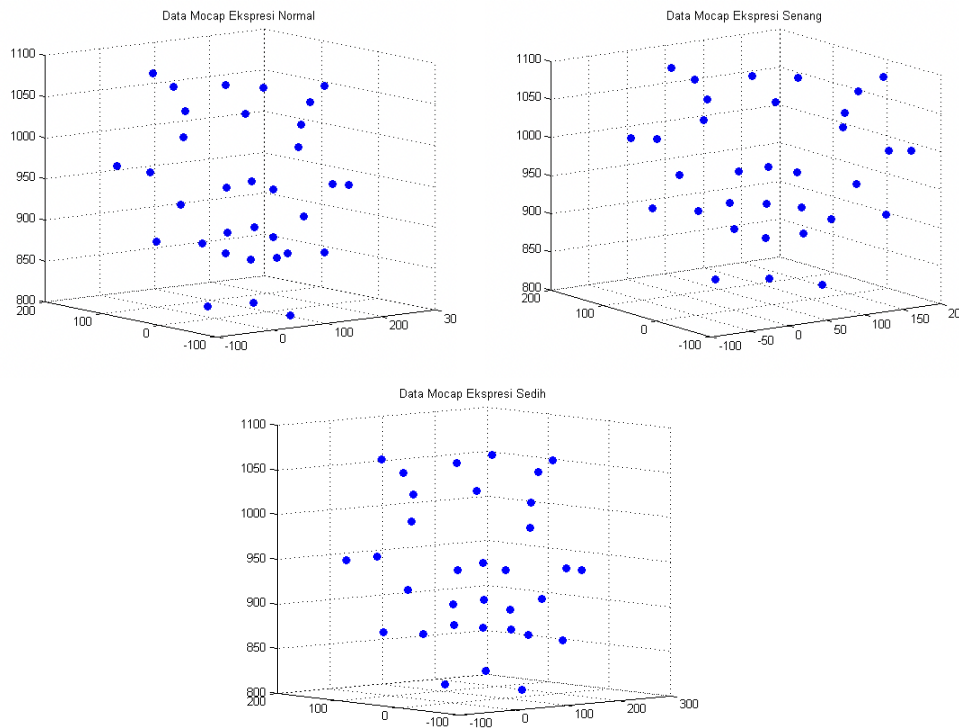
**Gambar 2.** Acuan Penempatan Titik Fitur Pada Wajah Pada Optitrack[12]

Gambar 2 merupakan acuan penempatan titik fitur pada wajah digunakan sebagai acuan untuk menempatkan penanda pada aktor. Model penempatan penanda ini membantu dalam proses perekam data untuk mendapatkan ekspresi wajah yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Proses berikutnya merupakan proses perekaman ekspresi wajah pada aktor. Aktor akan mempergarakan 6 ekspresi dasar yaitu marah, kaget, jijik, takut, senang dan sedih [13] . Proses perekaman ekspresi dasar manusia pada aktor di gambarkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Proses Perekaman Ekspresi Wajah Pada Aktor

Hasil yang didapat dari proses perekaman ekspresi wajah pada actor berupa data *facial motion capture* . Secara umum, data *facial motion capture* terdiri dari bidang koordinat x, y, dan z. Beberapa Data *facial motion capture* yang dihasilkan dari proses perekaman ekspresi wajah pada aktor disajikan dalam bentuk koordinat sesuai dengan Gambar 4.

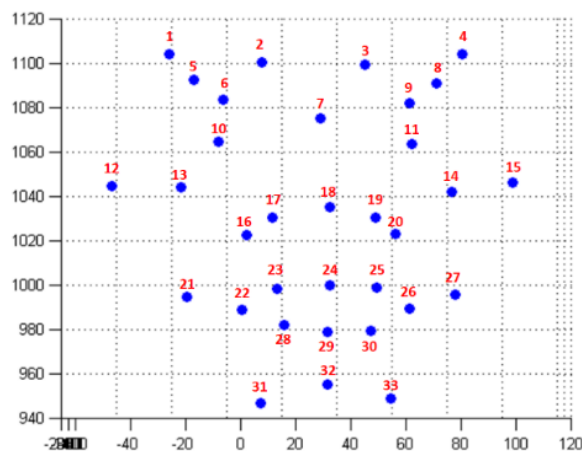


Gambar 4. Data Facial Fotion Capture Hasil Perekaman Ekspresi Wajah pada Aktor dalam Sistem Koordinat

Data facial motion capture ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang radial basis function untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah karakter.

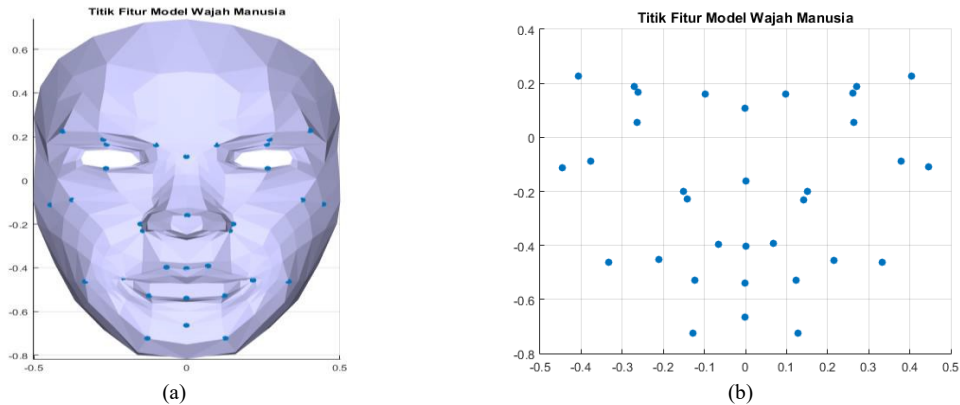
**Facial Rigging**

Facial rigging merupakan proses pembuatan kendali wajah untuk melakukan pembentukan animasi yang dilakukan oleh animator. Pada penelitian ini proses facial rigging dilakukan pada tiap model dari karakter wajah yang digunakan. Proses pembentukan facial rigging berupa pemberian titik fitur pada topeng wajah yang mengacu pada pendekatan FACS yang digunakan dalam optitrack motion capture system [14] seperti pada gambar 2. Untuk mempermudah dalam proses penggunaan ulang animasi pada model wajah serta memberikan analisa terhadap perpindahan titik fitur yang ada, lokasi titik fitur wajah diberi nomor secara manual. Pemberian nomor tersebut juga bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan pengaksesan data koordinat sehingga ketika proses perindahan titik fitur tidak terlihat secara visual masih dapat dilakukan pengamatan terhadap perubahan data yang terjadi.

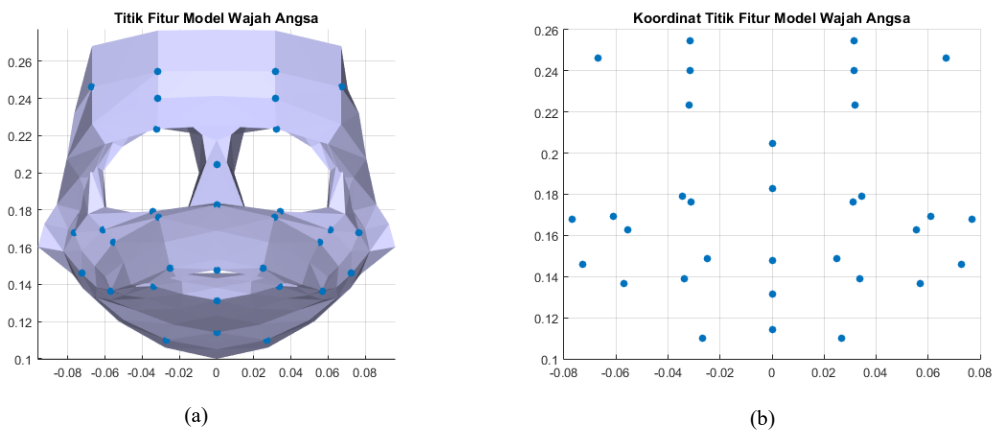


Gambar 5. Pemberian nomor pada titik fitur wajah

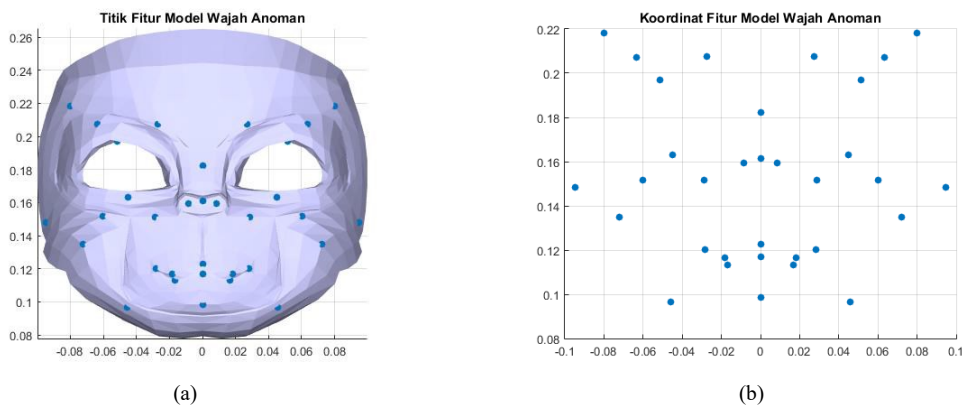
Proses *facial rigging* ini dilakukan secara manual pada tiap model avatar. Hasilnya dari proses *facial rigging* ini berupa data koordinat titik fitur topeng wajah dari model avatar yang digunakan. Koordinat titik fitur topeng wajah tersebut akan digunakan sebagai centroid proses retargeting. Data *facial motion capture* ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang *radial basis function* untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah avatar. Penelitian ini menggunakan 3 model wajah avatar, yaitu manusia, angsa dan anoman.



Gambar 6. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar manusia. (b) Titik fitur model wajah avatar manusia dalam sistem koordinat



Gambar 7. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar angsa. (b) Titik fitur model wajah avatar angsa dalam sistem koordinat



Gambar 8. (a) Lokasi titik fitur pada model avatar karakter anoman. (b) Titik fitur model wajah avatar anoman dalam sistem koordinat

Hasil yang didapatkan dalam proses registrasi pada model wajah avatar berupa data koordinat titik fitur model avatar karakter pada gambar 6,7 dan \*.

### Radial Basis Function

Radial Basis Functions (RBF) sering dipakai pada aplikasi grafika komputer dalam proses perkiraan dan interpolasi permukaan. Pada penelitian ini, RBF digunakan sebagai transformasi ruang. Untuk melakukan hal ini, didefinisikan terlebih dahulu dua buah ruang dengan dua buah himpunan titik fitur. Misalkan saja  $S_0$  sebagai himpunan titik fitur sumber,  $T_0$  sebagai himpunan titik fitur target, dan  $N$  adalah ukuran himpunan. Setiap titik pengendali  $\vec{t}_t \in T_0$  memiliki hubungan dengan  $t_i \in T_0$ . Setelah dilakukan pelatihan dengan dua buah himpunan titik fitur tersebut, RBF dapat melakukan transformasi posisi dari ruang sumber ke ruang target dengan perumusan RBF:

$$F(\vec{S}_j) = \sum_{i=1}^N \vec{W}_i \cdot h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$$

Dengan

$$h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|) = \sqrt{(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)^2 + sc_j^2} \quad (\text{fungsi muti-kuadrik})$$

$$sc_j = \min_{j \neq 1} \|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|$$

Pelatihan jaringan terdiri atas proses penyelesaian 3 sistem linier dari persamaan N (pada kasus 3 dimensional) seperti:

$$\vec{t}_j = F(\vec{S}_j)$$

Misalkan H adalah sebuah matrik seperti  $H_{ij} = h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$  dan  $T_x = (t_1^x t_2^x \dots t_N^x)^t$  dimana  $t_j^x$  adalah koordinat x dari  $\vec{t}_j$ . Maka dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan (3.2), sistem dapat didefinisikan sebagai:

$$T_x = H \cdot W_x$$

dengan bobot  $W_x = (w_1^x w_2^x \dots w_N^x)^t$ . Sehingga untuk menyelesaikan system dihitunglah nilai  $W_x = H^{-1} T_x$ . Sekali jaringan RBF dilatih untuk setiap sumbu, posisi di ruang target  $\vec{t}$  untuk setiap titik  $\vec{s}$  dari ruang sumber didapatkan dengan menerapkan transformasi  $F(\vec{s})$ .

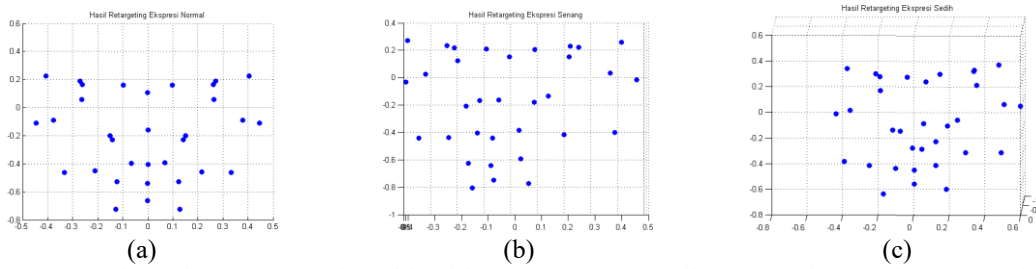
## Hasil dan Pembahasan

### Inisialisasi

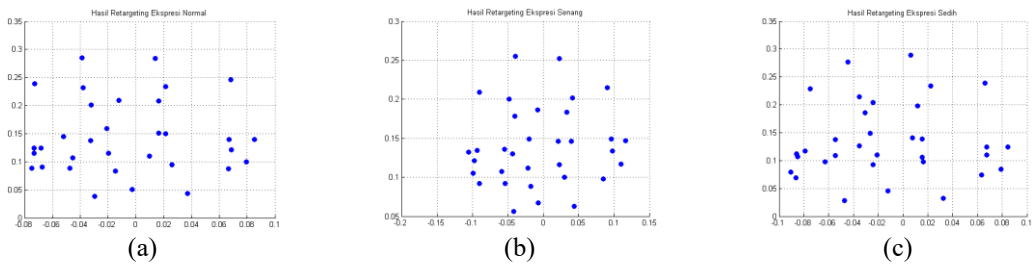
Transformasi ruang menggunakan *radial basis function* digunakan sebagai cara untuk melakukan transformasi ruang ekspresi wajah antara data *facial motion capture* dan target model wajah. Bentuk morfologis wajah manusia secara umum sangat bervariasi dan memiliki perbedaan dengan bentuk morfologis karakter 3D seperti karakter kartun, monster ataupun binatang. Hal ini mengakibatkan pergerakan dari titik fitur yang menggunakan wajah manusia sebagai sumber data animasi tidak dapat langsung dipergunakan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan data animasi tersebut seperti skala dan orientasi.

Transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function* (RBF) memberikan solusi untuk mengatasi hal tersebut. Titik fitur dari wajah sumber didefinisikan sebagai ruang sumber dan titik fitur dari model wajah target didefinisikan sebagai ruang target. Ada 2 tahapan dalam *radial basis function*, tahap pertama yaitu tahap inisialisasi dan tahap kedua yaitu tahap *testing* yang digunakan sebagai tahapan untuk menentukan (prediksi) posisi penanda pada *frame* berikutnya dalam model wajah 3D. Sebagai tahapan awal ditentukan terlebih dahulu dua ruang perpindahan dengan dua set data titik fitur. Titik  $S_0$  didefinisikan sebagai titik fitur data *facial motion capture*,  $T_0$  didefinisikan sebagai titik fitur target wajah dan  $N$  sebagai banyaknya jumlah dari data yang dipakai. Pada penelitian ini menggunakan 33 titik fitur wajah sehingga nilai  $N = 33$ .

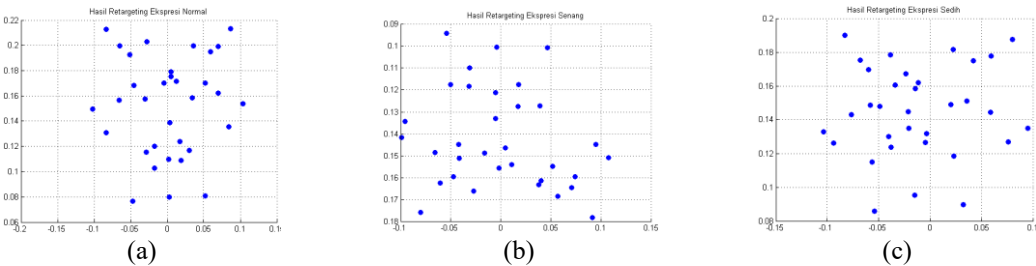
Hasil dari proses transformasi ruang RBF berupa koordinat baru pada titik fitur model wajah. Koordinat titik fitur baru pada model wajah jika digerakkan sesuai dengan pergerakan frame pada data *facial motion capture* akan melakukan pergerakan yang sama. Gambar berikut ini menampilkan beberapa sampel hasil perpindahan transformasi ruang RBF pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman dalam sistem koordinat.



**Gambar 9.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Manusia (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih



**Gambar 10.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Angsa (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

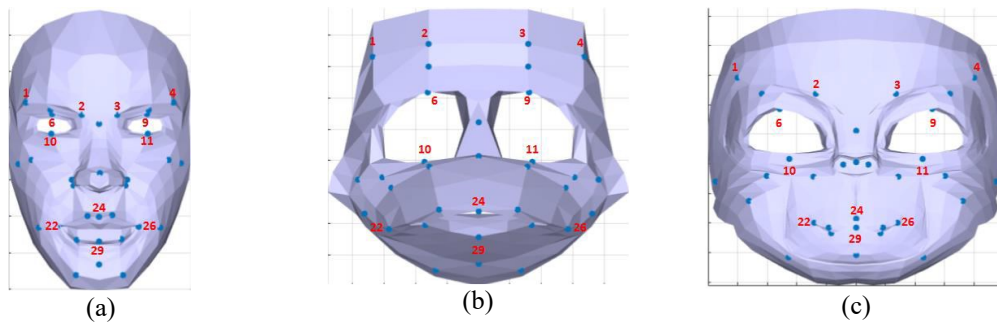


**Gambar 11.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Anoman (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

Gambar 9 merupakan hasil transformasi ruang pada model wajah avatar manusia. Gambar (a) menunjukkan hasil transformasi ruang ekspresi normal, (b) menunjukkan ekspresi senang dan (c) menunjukkan ekspresi sedih. Hasil transformasi ruang RBF ini di registrasikan korepondensi satu-satu antara titik fitur pada model wajah dengan data *motion capture*. Hasil yang serupa juga ditunjukkan pada model wajah avatar lainnya seperti model wajah avatar angsa pada gambar 10 dan model wajah avatar anoman seperti pada gambar 11. Tiap model ekspresi diwakilkan ekspresi normal, senang dan sedih. Dari Gambar 9, 10 dan 11 pada ekspresi normal hampir menunjukkan grafik yang sama, sedangkan untuk ekspresi senang dan sedih ada beberapa perbedaan dengan ekspresi normalnya.

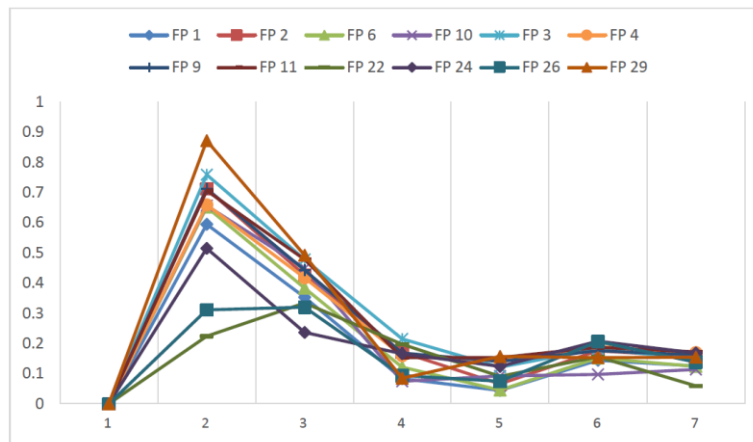
**Testing**

Tahapan testing transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dilakukan dengan melakukan pemilihan terhadap titik fitur dari data *facial motion capture* yang mewakili area gerak wajah dalam pembentukan ekspresi wajah. Titik fitur 1,2,6 dan 10 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kanan. Titik fitur 3,4,9 dan 11 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kiri dan titik fitur 22, 24, 26 dan 29 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mulut. Secara lengkap, ilustrasi pemilihan titik fitur dapat dilihat pada gambar 12.

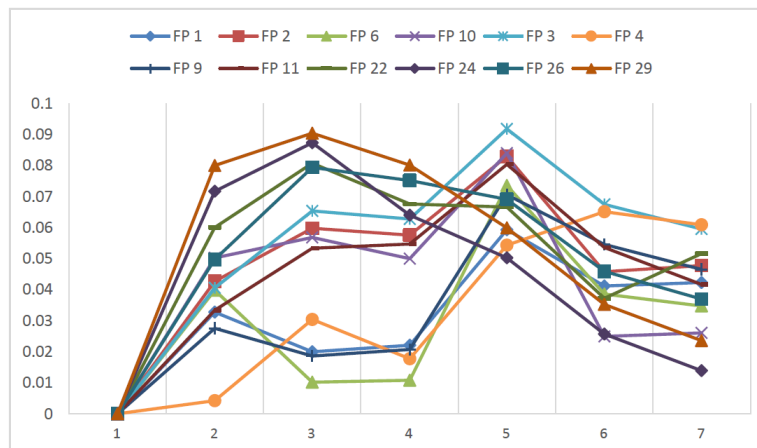


**Gambar 12.** Posisi Titik Fitur Yang Digunakan Sebagai Pembahasan Pada Model Wajah Avatar (a) Manusia (b) Angsa (c) Anoman.

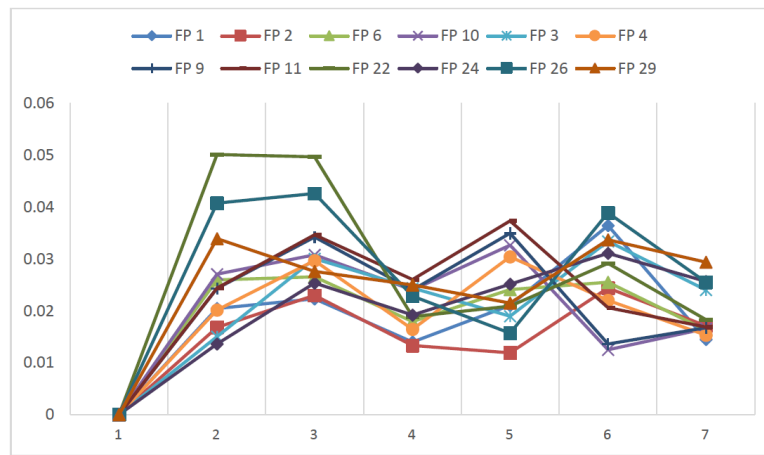
Pada pembahasan ini, digunakan data berupa 7 frame dari data *facial motion capture* dan data hasil dari proses transformasi ruang RBF. Data *facial motion capture* digunakan sebagai acuan untuk mengetahui terjadinya perpindahan titik fitur. Ketika titik fitur dari data *facial motion capture* berubah, maka semua titik fitur pada model wajah target bergerak sesuai dengan data sumbernya.



**Gambar 13.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Manusia



**Gambar 14.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Angsa



Gambar 15. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Anoman.

Dari gambar 13, 14 dan 15 pada frame ke-0 dari masing-masing model wajah avatar terjadi perubahan titik fitur berniali 0 atau pepindahan titik fitur. hal ini dikarenakan frame 0 merupakan *frame* dimana pergerakan titik fitur dimulai. Pada frame selanjutnya (1 – 6) terjadi perpindahan frame yang menandakan adanya pergerakan titik fitur.

Sebagai sampel diambil titik fitur 1,2, 3,4, 6, 9, 10, 11, 22, 24,26 dan 29. Perpindahan titik fitur diambil dari frame 1 sampai 6. Perubahan titik fitur ini menandakan adanya perubahan animasi pembentukan ekspresi wajah pada masing-masing model wajah avatar.

Dari grafik diketahui bahwa terjadi perpindahan titik fitur wajah pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman. Proses perpindahan titik fitur wajah terjadi secara linier dan bergantung pada banyaknya mesh wajah serta bagaimana bentuk morfologis dari model yang digunakan. Bentuk morfologis manusia atau yang mirip dengan manusia digambarkan dengan grafik yang hampir sama, sedangkan untuk model wajah yang memiliki morfologis berbeda seperti angsa dengan bibirnya yang lebar, memiliki grafik perpindahan yang berbeda.

Tingkat kesesuaian hasil proses transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dihitung dengan menggunakan pendekatan standar deviasi atau simpangan baku antara data *facial motion capture* dengan data hasil proses transformasi RBF. Hasil rata-rata perhitungan standar deviasi untuk semua titik fitur pembentuk animasi wajah pada model wajah 3D dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Simpangan Baku Hasil Proses Transformasi RBF pada Model Wajah 3D

Titik Fitur	Simpangan Baku Model Wajah 3D		
	Manusia	Angsa	Anoman
1	0.1945	0.0177	0.0102
2	0.2274	0.0233	0.0075
3	0.2397	0.0265	0.0102
4	0.2027	0.0251	0.0095
6	0.2118	0.0231	0.0088
9	0.2218	0.0224	0.0113
10	0.2251	0.0251	0.0107
11	0.2235	0.0228	0.0115
22	0.1038	0.0247	0.0167
24	0.1457	0.0299	0.0096
26	0.1122	0.0255	0.0144
29	0.2848	0.0314	0.0108
Rerata simpangan baku	0.0510	0.0034	0.0024

Hasil transformasi ruang pada model wajah 3D memiliki rerata simpangan baku 0,0510 pada model wajah karakter manusia, 0,0034 rerata simpangan baku pada model wajah karakter angsa dan 0,0024 rerata simpangan baku pada model wajah karakter anoman.

### Kesimpulan

Transformasi ruang 3D untuk membentuk animasi pada titik fitur model wajah avatar dengan metode radial basis function dan menggunakan data *facial motion capture* telah berhasil dilakukan. Penelitian ini menggunakan 3 buah sampel model wajah avatar 3D, yaitu model wajah avatar manusia, model wajah avatar angsa dan model wajah avatar anoman. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar manusia memiliki rerata simpangan baku 0,0510. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar angsa memiliki rerata simpangan baku 0,0034. Dan hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar anoman memiliki simpangan 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avata dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

Tahapan selanjutnya perlu dilakukan skinning agar data motion data pada model wajah avatar dapat membentuk animasi dengan sempurna. Tahapan lain dari penelitian untuk meningkatkan uji kehandalan dari transformasi ruang 3D perlu dilakukan penambahan model wajah avatar terutama yang memiliki perbedaan morfologis yang berbeberda supaya hasil transformasi ruang 3D mendapatkan hasil yang maksimal dari berbagai macam model wajah avatar. Model fungsi RBF yang lain seperti gaussian, invers kuadrik dan invers multi-kuradrik perlu diterapkan juga untuk mendapatkan uji model dari fungsi RBF yang terbaik.

### Daftar Pustaka

- [1] M. B. Nendya, "Animasi Ekspresi Wajah Pada Karakter Virtual 3 Dimensi Berbasis Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–84, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.899.
- [2] S. G. Gunanto, "Evaluasi Sintesis Ekspresi Wajah Realistik pada Sistem Animasi Wajah 3D dengan Teknologi Motion Capture," *REKAM J. Fotogr. Telev. dan Animasi*, vol. 14, no. 2, pp. 87–96, 2018, doi: 10.24821/rekam.v14i2.1747.
- [3] A. Fudholi, "Animasi Interaktif Pembelajaran Pengenalan dan Perancangan Jaringan Komputer," *Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. dan Log.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–40, 2015.
- [4] I. A. Zulkarnain, "Optimalisasi Face Rigging Pada Pembuatan Karakter Animasi 3D," *J. SITECH Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 185–192, 2019, doi: 10.24176/sitech.v2i2.3920.
- [5] S. Chin, C. Y. Lee, and J. Lee, "An automatic method for motion capture-based exaggeration of facial expressions with personality types," *Virtual Real.*, vol. 17, no. 3, pp. 219–237, 2013, doi: 10.1007/s10055-013-0227-8.
- [6] M. B. Nendya and S. G. Gunanto, "ANIMASI EKSPRESI WAJAH PADA AVATAR BERBASIS FEATURE- POINT CLUSTER B-86 B-87," *Pros. SENTIA 2014-Politeknik Negeri Malang*, vol. 6, pp. 86–90, 2014.
- [7] A. J. Sijabat, "Motion Capture Dalam Penciptaan Gerak Natural Karakter Alita Dalam Film 'Alita: Battle Angel,'" *Pros. Semin. Nas. Cendekiawan*, p. 2, 2019, doi: 10.25105/semnas.v0i0.5816.
- [8] L. Husniah, H. Wibowo, and M. Yuniarno, "Facial Rigging untuk Karakter 3D Berbasis Facial Action Coding System (FACS)," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–30, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.896.
- [9] F. I. Parke, "Computer generated animation of face," *Proc. ACM Annu. Conf.*, vol. 1, pp. 451–457, 1972.
- [10] J. Bennett and C. Carter, "Adopting Virtual Production For Animated Filmmaking," pp. 81–86, 2014, doi: 10.5176/2251-1679\_cgat14.21.
- [11] T. Troy and P. Pranowo, "Transformasi Ruang 2D Ke 3D Pada Animasi Wajah Berbasis Data Marker Menggunakan Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 2, no. 2, p. 229, 2016, doi: 10.24821/jags.v2i2.1422.
- [12] K. El-Haddad, H. Çakmak, E. Gilmartin, S. Dupont, and T. Dutoit, "Towards a listening agent: A system generating audiovisual laughs and smiles to show interest," *ICMI 2016 - Proc. 18th ACM Int. Conf. Multimodal Interact.*, pp. 248–255, 2016, doi: 10.1145/2993148.2993182.
- [13] S. Sumpeno, M. Hariadi, and M. H. Purnomo, "Facial emotional expressions of life-like character based on text classifier and fuzzy logic," *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 38, no. 2, pp. 122–133, 2011.

- 
- [14] M. B. Nendya, E. M. Yuniarno, and S. Sumpeno, "Clustering Titik Fitur Model Wajah 3D Menggunakan K-Nearest Neighbour," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 07, no. 01, pp. 19–24, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uc.ac.id/index.php/JUISI/article/view/1739>.

### Submissions

[My Queue](#) [Archives](#)

#### Archived Submissions

[New Submission](#)

940 **Matahari Bhakti Nendya, Eko Mulyanto Yuniarno** Published  
Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis F... 1

0	Copyedited files submitted
1	Open discussions
Last activity recorded on 9/21/2022	

[View Submission](#)

## Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis Radial Basis Function

Matahari Bhakti Nendya  
Universitas Kristen Duta Wacana

Eko Mulyanto Yuniarno  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

<https://doi.org/10.35970/jinita.v3i2.940>

Abstract views: 133, PDF (Bahasa Indonesia) downloads: 137

### ABSTRACT

One technique for forming facial animations on avatars is by reusing existing animations, either from other avatar animations or animations from motion data obtained using facial motion capture. This research focuses on the transformation of 3D space for the formation of facial animations on avatars in games or animated films. The transformation is carried out from motion capture data into a 3D avatar face model with 3 face models, namely the human face model, the swan face model and the anoman face model. The motion capture data is transferred according to the feature points of the face model. The results obtained by the facial model feature points will have animations that match the motion capture data. Of the 3 target face models used, the animation results with registration on the human face model have an average standard deviation is 0,0510. The goose face model has an average standard deviation is 0,0034 and the anoman face model has an average standard deviation is 0,0024. With this technique, it is hoped that the formation of facial expression animation on Avatar can be done more quickly because of the reuse of facial motion capture data.

PDF (BAHASA INDONESIA)

PLUMX METRICS

PlumX Metrics

PUBLISHED

2022-09-21

ISSUE

Vol. 3 (2021): JINITA,  
December 2021

SECTION

Articles

Copyright (c) 2021 Journal of  
Innovation Information Technology  
and Application (JINITA)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Authors who publish with this journal agree to the following terms:

1. Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal.
2. Authors are able to enter into separate, additional contractual arrangements for the non-exclusive distribution of the journal's published version of the work (e.g., post it to an institutional repository or publish it in a book), with an acknowledgement of its initial publication in this journal.
3. Authors are permitted and encouraged to post their work online (e.g., in institutional repositories or on their website) prior to and during the submission process, as it can lead to productive exchanges, as well as earlier and greater citation of published work (See [The Effect of Open Access](#)).



ISSN

P-ISSN 2716-0858

E-ISSN 2715-9248

About Journal

Contact

Editorial Team

Reviewer

PUBLICATION

Publication Ethics

Author Guidelines

Focus and Scope

Peer Review Process

Publication Frequency

Authors Fees

Copyright Form

OPEN ACCESS POLICY

Open Access Policy

Copyright Notice

Screening for Plagiarism

Digital Archiving

Privacy Statement

Apply as Editor/Reviewer

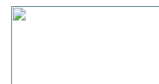
TEMPLATE

Download Template (ENG)

TOOLS

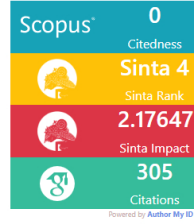


INDEXING





STATISTICS



INFORMATION

- For Readers
- For Authors
- For Librarians

Visitor MAP



00134447 [View My Stats](#)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#).

Platform &  
workflow by  
OJS / PKP

## Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar Berbasis *Radial Basis Function*

### *3D Space Transform on Facial Animation of life-like Avatar Based on Radial Basis Function*

Matahari Bhakti Nendya\*<sup>1</sup>, Eko Mulyanto Yuniarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana

<sup>2</sup>Departemen Teknik Komputer, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
e-mail: didanendya@ti.ukdw.ac.id<sup>1</sup>, ekomulyanto@ee.its.ac.id<sup>2</sup>

#### Abstrak

Salah satu teknik pembentukan animasi wajah pada avatar dengan menggunakan ulang animasi yang ada baik dari animasi avatar lain atau animasi dari data gerak yang diperoleh menggunakan *facial motion capture*. Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk pembentukan animasi wajah pada avatar dalam game atau film animasi. Transformasi dilakukan dari data motion capture ke dalam model wajah avatar 3D dengan 3 model wajah yaitu model wajah manusia, model wajah angsa dan model wajah anoman. Data motion capture ditransfer sesuai dengan titik fitur model wajah. Hasil yang didapatkan titik fitur model wajah akan memiliki animasi yang sesuai dengan data motion capture. Dari 3 model wajah target yang digunakan, hasil animasi dengan registrasi pada model wajah manusia memiliki rata-rata simpangan baku 0,0510. Pada model wajah angsa memiliki rata-rata simpangan baku 0,0034 dan pada model wajah anoman memiliki rata-rata simpangan baku 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avatar dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

**Kata Kunci:** animasi wajah, avatar, data motion capture, transformasi ruang 3D, radial basis function.

#### Abstract

*One technique for forming facial animations on avatars is by reusing existing animations, either from other avatar animations or animations from motion data obtained using facial motion capture. This research focuses on the transformation of 3D space for the formation of facial animations on avatars in games or animated films. The transformation is carried out from motion capture data into a 3D avatar face model with 3 face models, namely the human face model, the swan face model and the anoman face model. The motion capture data is transferred according to the feature points of the face model. The results obtained by the facial model feature points will have animations that match the motion capture data. Of the 3 target face models used, the animation results with registration on the human face model have an average standard deviation is 0,0510. The goose face model has an average standard deviation is 0.0034 and the anoman face model has an average standard deviation is 0,0024. With this technique, it is hoped that the formation of facial expression animation on Avatar can be done more quickly because of the reuse of facial motion capture data.*

**Keywords:** facial animation, life-like avatar, motion capture data, 3D space transform, radial basis function.

#### Pendahuluan

Bentuk dari penggunaan karakter digital adalah avatar. Avatar berperan sebagai representasi personal seseorang dalam dunia digital. Bentuk representasi personal dengan menggunakan avatar dapat berupa orang, robot, superhero, karakter kartun atau binatang. Avatar dalam *game* ber-*gerne Real Time Strategy* (RTS) direpresentasikan dalam bentuk wajah dari karakter yang digunakan. Bentuk karakter wajah tersebut sangat erat kaitannya dengan animasi wajah karena memperkuat keberadaan karakter [1].

Teknik tradisional pembentukan animasi ekspresi model wajah tergantung pada kemampuan seniman untuk membuat gerakan kunci dan menggabungkannya menjadi serangkaian gerakan ekspresi

---

\*) Penulis Korespondensi: didanendya@ti.ukdw.ac.id

wajah [2]. Video game dengan aturan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah sebagai media komunikasi atau interaksi dengan area permainannya [3]. Keterbatasan sumber daya seringkali membuat hal ini ditiadakan. Akan tetapi dengan munculnya sistem permainan yang diselingi film animasi yang berupa *cut scene*, animasi ekspresi wajah menjadi hal yang mutlak untuk memberikan aspek hiburan bagi pemain [4].

Game dengan aturan permainan yang interaktif membutuhkan adanya animasi wajah dalam melakukan komunikasi atau interaksi dengan area permainannya. Karena sumber daya yang terbatas, animasi wajah dalam game sering ditiadakan. Namun akhir-akhir ini dengan munculnya sistem permainan game yang diselingi film animasi didalamnya menuntut keberadaan animasi ekspresi wajah yang mutlak ada untuk memberikan aspek hiburan dan cerita bagi si pemain [1].

Ekspresi wajah memiliki peran penting dalam model komunikasi nonverbal [5]. Untuk menghasilkan model ekspresi yang natural pada avatar, digunakan teknik transfer animasi dari animasi lain atau dengan menggunakan *data motion capture* wajah [6]. *Data motion capture* yang digunakan berasal dari wajah manusia yang kemudian dipindai melalui *facial motion capture* berdasarkan titik fitur wajah [7]. Titik fitur wajah yang digunakan mengacu pada *Facial Action Coding System* (FACS) [8] [9].

*Facial motion capture* akan menyimpan posisi dan orientasi dari satu obyek dan kemudian merekam informasi yang digunakan dalam koordinat di dunia maya [10]. Problematika yang muncul dalam menggunakan *data motion capture* ada pada pemetaan ulang titik fitur pada bentuk karakter yang berbeda secara morfologis dan skala penerapannya. [11].

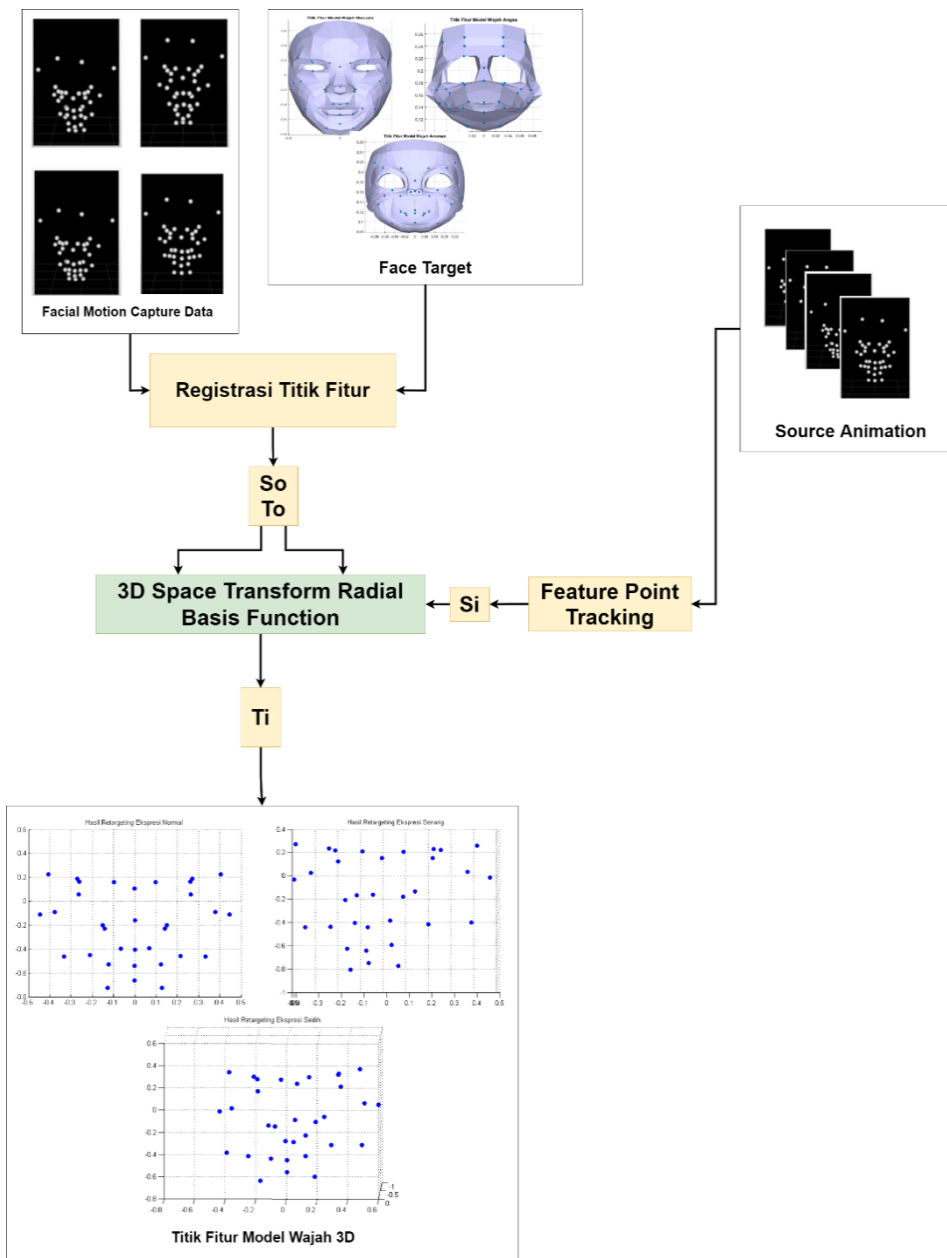
Teknik pembentukan animasi wajah yang dianggap efektif dari kecepatan produksi adalah teknik penggunaan ulang animasi wajah (*retargetting*). Cara ini mengusung penggunaan data *facial motion capture* yang kemudian di transformasikan melalui transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function*. Karakter virtual 3 dimensi yang dihasilkan mampu melakukan visualisasi ekspresi wajah yang sesuai dengan ekspresi wajah manusia dengan memiliki nilai rata-rata simpangan baku 0.0034 [1].

Teknik transformasi ruang Radial Basis Function (RBF) digunakan untuk mengatasi perbedaan morfologi pada wajah manusia yang menjadi sumber acuan ekspresi dengan wajah model 3D yang menjadi target animasi. RBF digunakan dalam menentukan posisi titik fitur pada wajah model 3D berdasarkan posisi titik marker pada citra 2D wajah manusia. [11].

Penelitian ini berfokus pada transformasi ruang 3D untuk penggunaan ulang animasi ekspresi wajah dari data motion capture kedalam model wajah 3D. Data motion capture dan model wajah 3D melakukan registrasi titik fitur sebagai model transfer animasinya. Pada penelitian ini menggunakan 3(tiga) buah model wajah, yaitu model wajah 3D manusia, model wajah 3D angsa dan model wajah 3D anoman. Ketiga model wajah ini digunakan untuk menguji bentuk morfologis yang berbeda dari masing-masing model wajah.

### Metode Penelitian

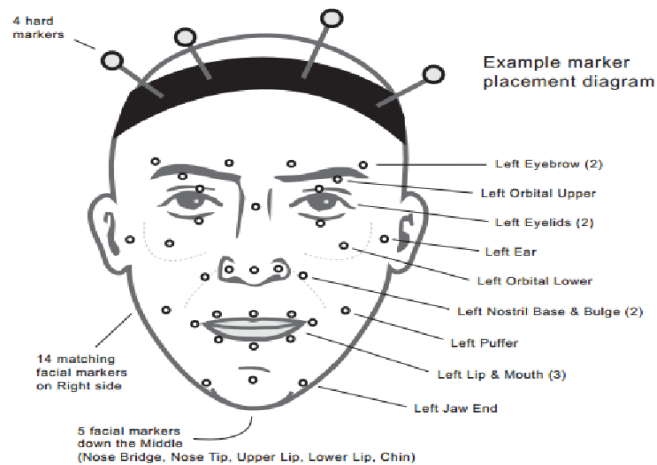
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 1. Langkah penelitian dimulai dari model akuisisi data, kemudian dilanjutkan pengembangan model wajah target. Langkah berikutnya adalah registrasi titik fitur yang kemudian dilanjutkan dengan transformasi ruang 3D berbasis radial basis function untuk menghasilkan titik fitur model wajah avatar 3D yang telah memiliki pergerakan animasi ekspresi wajah.



Gambar 1. Metode Penelitian Transformasi Ruang 3D Pada Animasi Ekspresi Wajah Avatar berbasis Radial Basis Function

**Model Akuisisi Data**

Sebagai langkah awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan data gerak wajah. Model akuisisi data yang digunakan berbasis *motion capture* menggunakan *OptiTrack Motion Capture System* dengan 6 buah kamera Flex 3 (0.3 MP, 100 FPS). Akuisisi data berbasis penanda (marker) dengan penempatan penanda pada actor mengacu pada pendekatan *Facial Action Coding System (FACS)*.



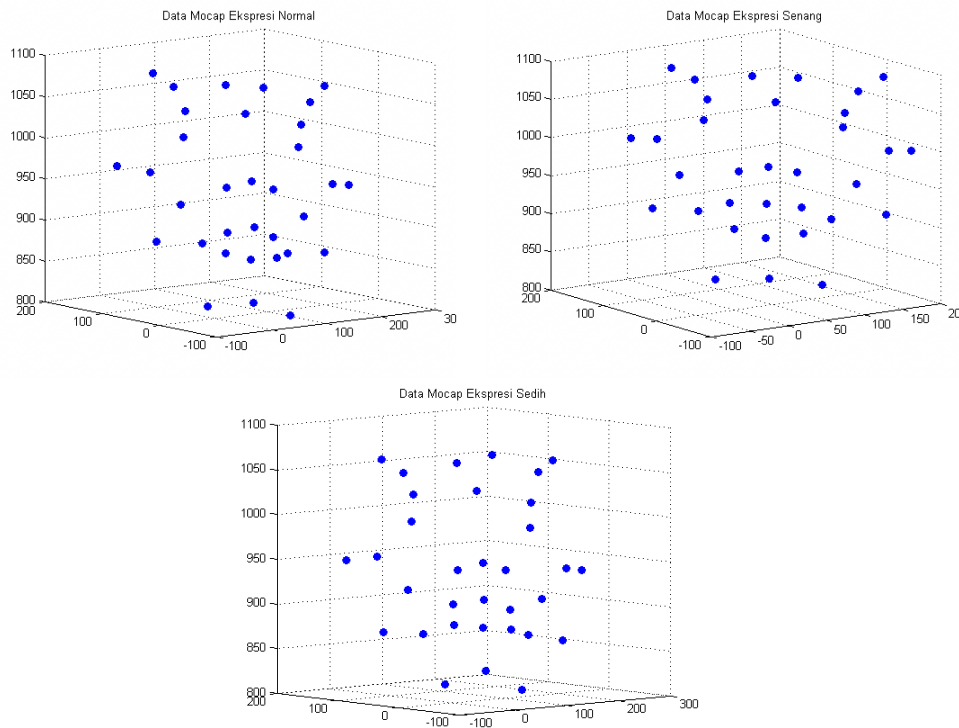
**Gambar 2.** Acuan Penempatan Titik Fitur Pada Wajah Pada Optitrack[12]

Gambar 2 merupakan acuan penempatan titik fitur pada wajah digunakan sebagai acuan untuk menempatkan penanda pada aktor. Model penempatan penanda ini membantu dalam proses perekam data untuk mendapatkan ekspresi wajah yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Proses berikutnya merupakan proses perekaman ekspresi wajah pada aktor. Aktor akan mempergarakan 6 ekspresi dasar yaitu marah, kaget, jijik, takut, senang dan sedih [13]. Proses perekaman ekspresi dasar manusia pada aktor di gambarkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Proses Perekaman Ekspresi Wajah Pada Aktor

Hasil yang didapat dari proses perekaman ekspresi wajah pada actor berupa data *facial motion capture*. Secara umum, data *facial motion capture* terdiri dari bidang koordinat x, y, dan z. Beberapa Data *facial motion capture* yang dihasilkan dari proses perekaman ekspresi wajah pada aktor disajikan dalam bentuk koordinat sesuai dengan Gambar 4.

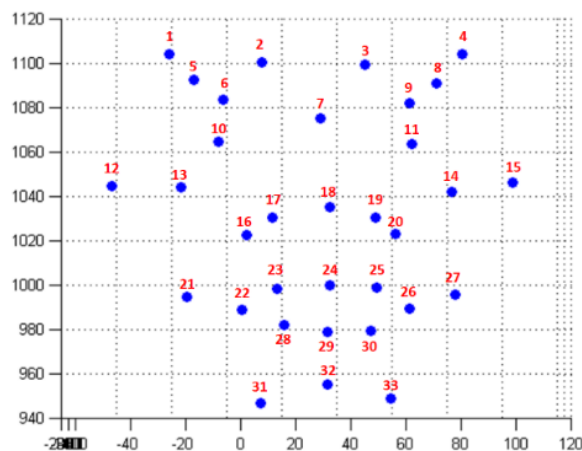


Gambar 4. Data Facial Fotion Capture Hasil Perekaman Ekspresi Wajah pada Aktor dalam Sistem Koordinat

Data facial motion capture ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang radial basis function untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah karakter.

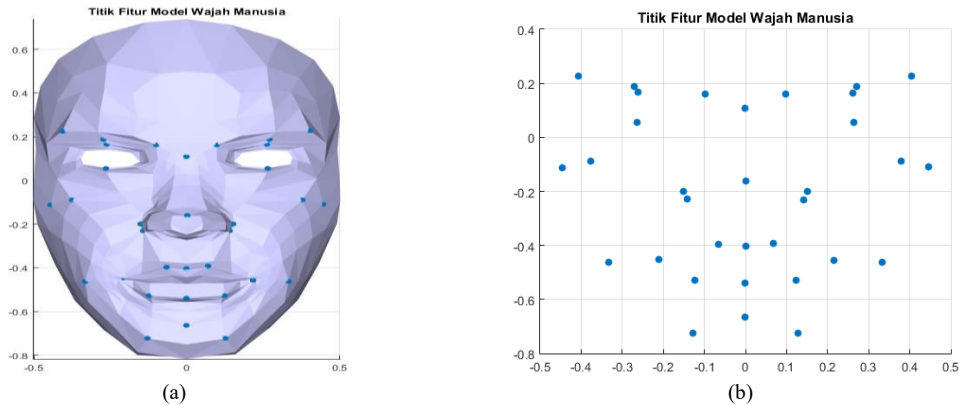
**Facial Rigging**

Facial rigging merupakan proses pembuatan kendali wajah untuk melakukan pembentukan animasi yang dilakukan oleh animator. Pada penelitian ini proses facial rigging dilakukan pada tiap model dari karakter wajah yang digunakan. Proses pembentukan facial rigging berupa pemberian titik fitur pada topeng wajah yang mengacu pada pendekatan FACS yang digunakan dalam optitrack motion capture system [14] seperti pada gambar 2. Untuk mempermudah dalam proses penggunaan ulang animasi pada model wajah serta memberikan analisa terhadap perpindahan titik fitur yang ada, lokasi titik fitur wajah diberi nomor secara manual. Pemberian nomor tersebut juga bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan pengaksesan data koordinat sehingga ketika proses perindahan titik fitur tidak terlihat secara visual masih dapat dilakukan pengamatan terhadap perubahan data yang terjadi.

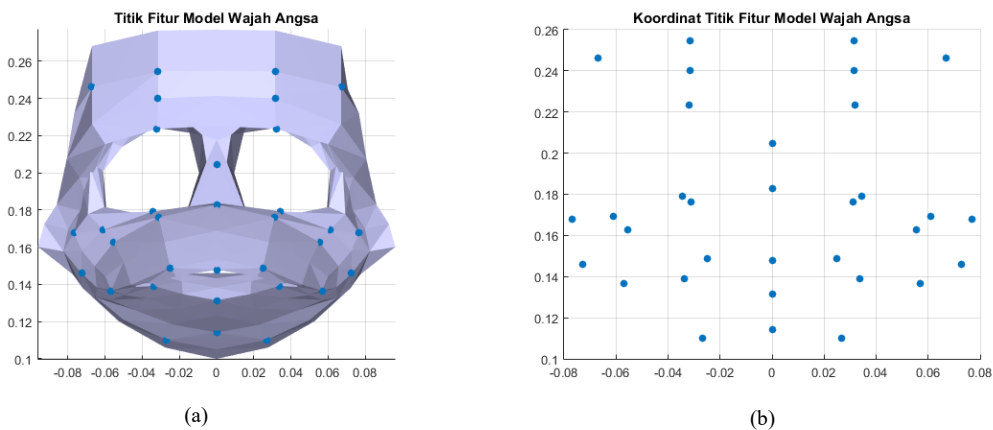


Gambar 5. Pemberian nomor pada titik fitur wajah

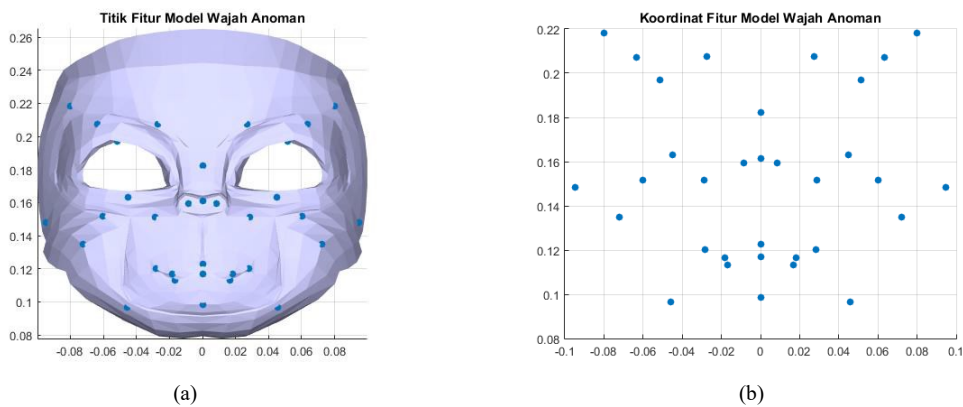
Proses *facial rigging* ini dilakukan secara manual pada tiap model avatar. Hasilnya dari proses *facial rigging* ini berupa data koordinat titik fitur topeng wajah dari model avatar yang digunakan. Koordinat titik fitur topeng wajah tersebut akan digunakan sebagai centroid proses retargeting. Data *facial motion capture* ini kemudian akan digunakan dalam proses transformasi ruang *radial basis function* untuk dapat digunakan data geraknya pada berbagai model wajah avatar. Penelitian ini menggunakan 3 model wajah avatar, yaitu manusia, angsa dan anoman.



Gambar 6. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar manusia. (b) Titik fitur model wajah avatar manusia dalam sistem koordinat



Gambar 7. (a) Lokasi titik fitur pada model wajah avatar angsa. (b) Titik fitur model wajah avatar angsa dalam sistem koordinat



Gambar 8. (a) Lokasi titik fitur pada model avatar karakter anoman. (b) Titik fitur model wajah avatar anoman dalam sistem koordinat

Hasil yang didapatkan dalam proses registrasi pada model wajah avatar berupa data koordinat titik fitur model avatar karakter pada gambar 6,7 dan \*.

### Radial Basis Function

Radial Basis Functions (RBF) sering dipakai pada aplikasi grafika komputer dalam proses perkiraan dan interpolasi permukaan. Pada penelitian ini, RBF digunakan sebagai transformasi ruang. Untuk melakukan hal ini, didefinisikan terlebih dahulu dua buah ruang dengan dua buah himpunan titik fitur. Misalkan saja  $S_0$  sebagai himpunan titik fitur sumber,  $T_0$  sebagai himpunan titik fitur target, dan  $N$  adalah ukuran himpunan. Setiap titik pengendali  $\vec{t}_t \in T_0$  memiliki hubungan dengan  $t_i \in T_0$ . Setelah dilakukan pelatihan dengan dua buah himpunan titik fitur tersebut, RBF dapat melakukan transformasi posisi dari ruang sumber ke ruang target dengan perumusan RBF:

$$F(\vec{S}_j) = \sum_{i=1}^N \vec{W}_i \cdot h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$$

Dengan

$$h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|) = \sqrt{(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)^2 + sc_j^2} \quad (\text{fungsi muti-kuadrik})$$

$$sc_j = \min_{j \neq 1} \|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|$$

Pelatihan jaringan terdiri atas proses penyelesaian 3 sistem linier dari persamaan  $N$  (pada kasus 3 dimensional) seperti:

$$\vec{t}_j = F(\vec{S}_j)$$

Misalkan  $H$  adalah sebuah matrik seperti  $H_{ij} = h(\|\vec{S}_j - \vec{S}_t\|)$  dan  $T_x = (t_1^x t_2^x \dots t_N^x)^t$  dimana  $t_j^x$  adalah koordinat  $x$  dari  $\vec{t}_j$ . Maka dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan (3.2), sistem dapat didefinisikan sebagai:

$$T_x = H \cdot W_x$$

dengan bobot  $W_x = (w_1^x w_2^x \dots w_N^x)^t$ . Sehingga untuk menyelesaikan system dihitunglah nilai  $W_x = H^{-1} T_x$ . Sekali jaringan RBF dilatih untuk setiap sumbu, posisi di ruang target  $\vec{t}$  untuk setiap titik  $\vec{s}$  dari ruang sumber didapatkan dengan menerapkan transformasi  $F(\vec{s})$ .

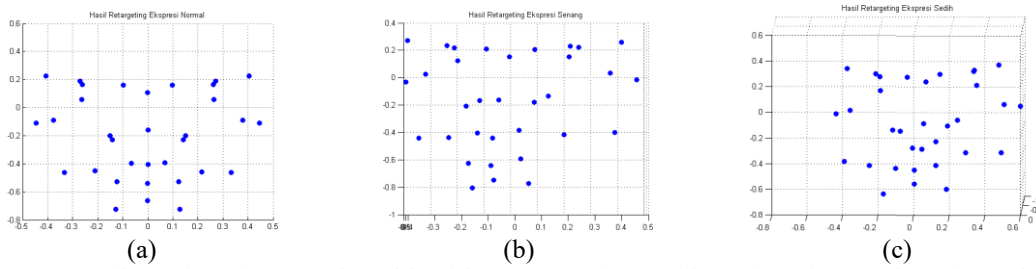
## Hasil dan Pembahasan

### Inisialiasasi

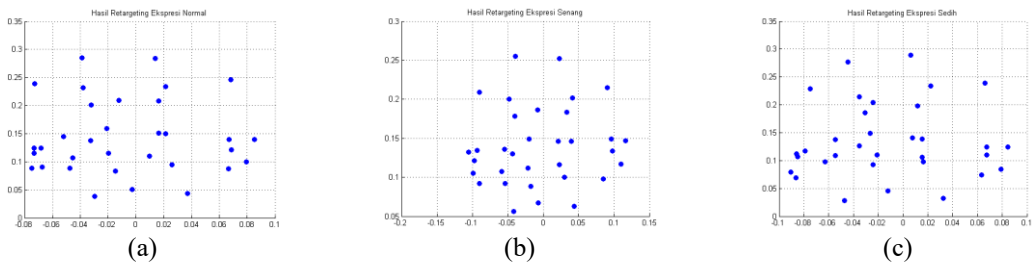
Transformasi ruang menggunakan *radial basis function* digunakan sebagai cara untuk melakukan transformasi ruang ekspresi wajah antara data *facial motion capture* dan target model wajah. Bentuk morfologis wajah manusia secara umum sangat bervariasi dan memiliki perbedaan dengan bentuk morfologis karakter 3D seperti karakter kartun, monster ataupun binatang. Hal ini mengakibatkan pergerakan dari titik fitur yang menggunakan wajah manusia sebagai sumber data animasi tidak dapat langsung dipergunakan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan data animasi tersebut seperti skala dan orientasi.

Transformasi ruang berbasis *Radial Basis Function* (RBF) memberikan solusi untuk mengatasi hal tersebut. Titik fitur dari wajah sumber didefinisikan sebagai ruang sumber dan titik fitur dari model wajah target didefinisikan sebagai ruang target. Ada 2 tahapan dalam *radial basis function*, tahap pertama yaitu tahap inisialiasasi dan tahap kedua yaitu tahap *testing* yang digunakan sebagai tahapan untuk menentukan (prediksi) posisi penanda pada *frame* berikutnya dalam model wajah 3D. Sebagai tahapan awal ditentukan terlebih dahulu dua ruang perpindahan dengan dua set data titik fitur. Titik  $S_0$  didefinisikan sebagai titik fitur data *facial motion capture*,  $T_0$  didefinisikan sebagai titik fitur target wajah dan  $N$  sebagai banyaknya jumlah dari data yang dipakai. Pada penelitian ini menggunakan 33 titik fitur wajah sehingga nilai  $N = 33$ .

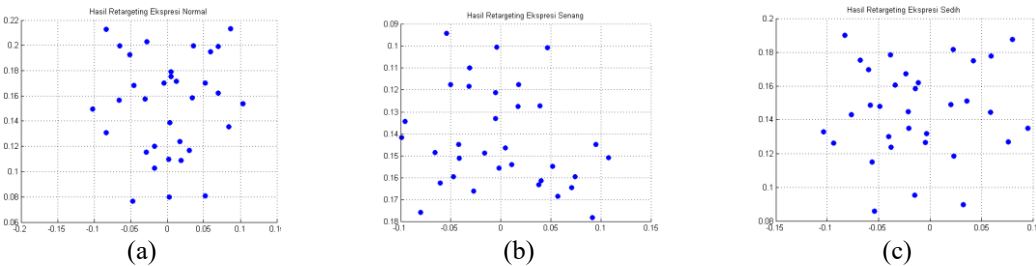
Hasil dari proses transformasi ruang RBF berupa koordinat baru pada titik fitur model wajah. Koordinat titik fitur baru pada model wajah jika digerakkan sesuai dengan pergerakan *frame* pada data *facial motion capture* akan melakukan pergerakan yang sama. Gambar berikut ini menampilkan beberapa sampel hasil perpindahan transformasi ruang RBF pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman dalam sistem koordinat.



**Gambar 9.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Manusia (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih



**Gambar 10.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Angsa (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

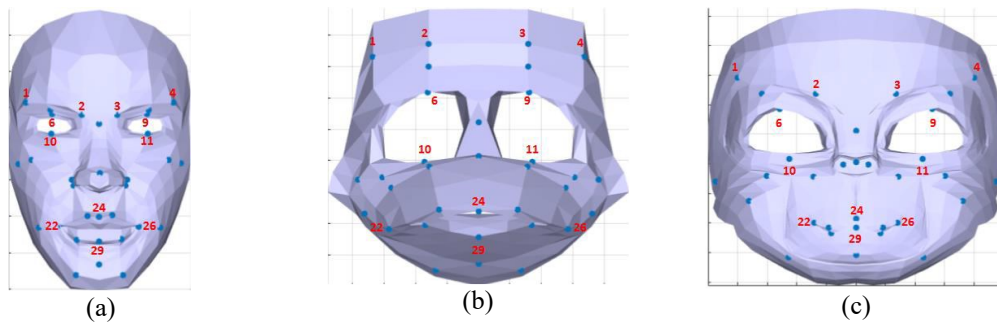


**Gambar 11.** Hasil Transformasi Ruang Pada Model Wajah Avatar Anoman (a) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Normal, (b) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Senang Dan (c) Hasil Transformasi Ruang Ekspresi Sedih

Gambar 9 merupakan hasil transformasi ruang pada model wajah avatar manusia. Gambar (a) menunjukkan hasil transformasi ruang ekspresi normal, (b) menunjukkan ekspresi senang dan (c) menunjukkan ekspresi sedih. Hasil transformasi ruang RBF ini di registrasikan korepondensi satu-satu antara titik fitur pada model wajah dengan data *motion capture*. Hasil yang serupa juga ditunjukkan pada model wajah avatar lainnya seperti model wajah avatar angsa pada gambar 10 dan model wajah avatar anoman seperti pada gambar 11. Tiap model ekspresi diwakilkan ekspresi normal, senang dan sedih. Dari Gambar 9, 10 dan 11 pada ekspresi normal hampir menunjukkan grafik yang sama, sedangkan untuk ekspresi senang dan sedih ada beberapa perbedaan dengan ekspresi normalnya.

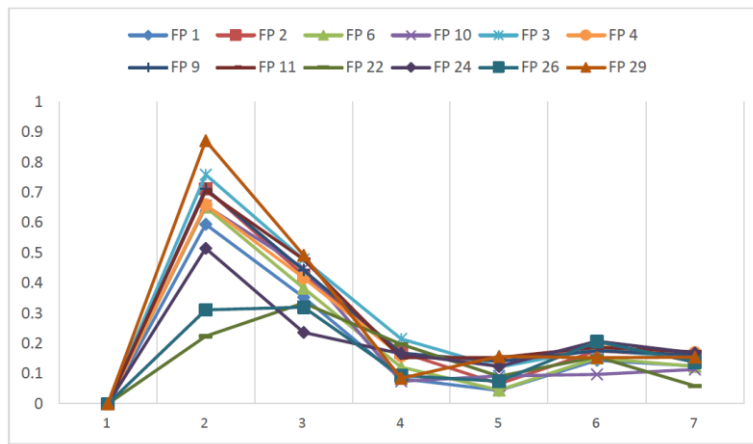
**Testing**

Tahapan testing transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dilakukan dengan melakukan pemilihan terhadap titik fitur dari data *facial motion capture* yang mewakili area gerak wajah dalam pembentukan ekspresi wajah. Titik fitur 1,2,6 dan 10 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kanan. Titik fitur 3,4,9 dan 11 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mata kiri dan titik fitur 22, 24, 26 dan 29 dipilih sebagai titik fitur yang mewakili area mulut. Secara lengkap, ilustrasi pemilihan titik fitur dapat dilihat pada gambar 12.

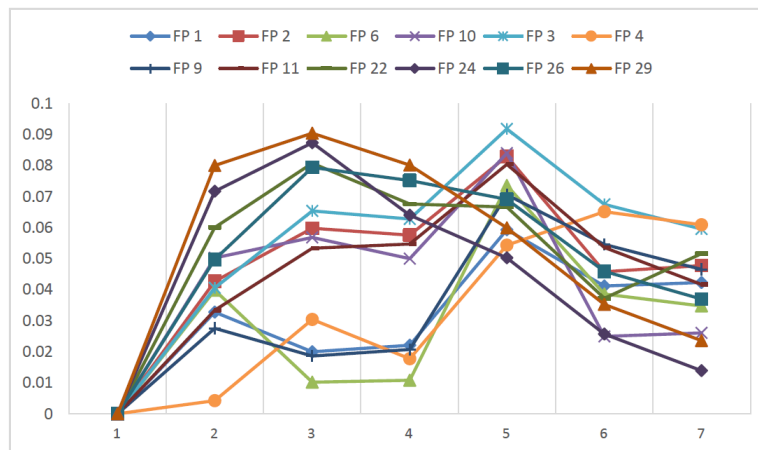


**Gambar 12.** Posisi Titik Fitur Yang Digunakan Sebagai Pembahasan Pada Model Wajah Avatar (a) Manusia (b) Angsa (c) Anoman.

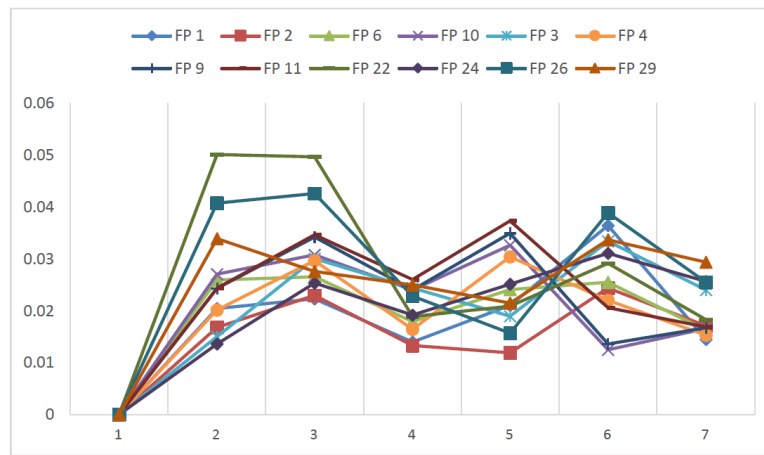
Pada pembahasan ini, digunakan data berupa 7 frame dari data *facial motion capture* dan data hasil dari proses transformasi ruang RBF. Data *facial motion capture* digunakan sebagai acuan untuk mengetahui terjadinya perpindahan titik fitur. Ketika titik fitur dari data *facial motion capture* berubah, maka semua titik fitur pada model wajah target bergerak sesuai dengan data sumbernya.



**Gambar 13.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Manusia



**Gambar 14.** Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Angsa



Gambar 15. Grafik Perpindahan Titik Fitur Nomor Pada Model Wajah Avatar Anoman.

Dari gambar 13, 14 dan 15 pada frame ke-0 dari masing-masing model wajah avatar terjadi perubahan titik fitur berniali 0 atau pepindahan titik fitur. hal ini dikarenakan frame 0 merupakan *frame* dimana pergerakan titik fitur dimulai. Pada frame selanjutnya (1 – 6) terjadi perpindahan frame yang menandakan adanya pergerakan titik fitur.

Sebagai sampel diambil titik fitur 1,2, 3,4, 6, 9, 10, 11, 22, 24,26 dan 29. Perpindahan titik fitur diambil dari frame 1 sampai 6. Perubahan titik fitur ini menandakan adanya perubahan animasi pembentukan ekspresi wajah pada masing-masing model wajah avatar.

Dari grafik diketahui bahwa terjadi perpindahan titik fitur wajah pada model wajah avatar manusia, angsa dan anoman. Proses perpindahan titik fitur wajah terjadi secara linier dan bergantung pada banyaknya mesh wajah serta bagaimana bentuk morfologis dari model yang digunakan. Bentuk morfologis manusia atau yang mirip dengan manusia digambarkan dengan grafik yang hampir sama, sedangkan untuk model wajah yang memiliki morfologis berbeda seperti angsa dengan bibirnya yang lebar, memiliki grafik perpindahan yang berbeda.

Tingkat kesesuaian hasil proses transformasi ruang RBF pada model wajah 3D dihitung dengan menggunakan pendekatan standar deviasi atau simpangan baku antara data *facial motion capture* dengan data hasil proses transformasi RBF. Hasil rata-rata perhitungan standar deviasi untuk semua titik fitur pembentuk animasi wajah pada model wajah 3D dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Simpangan Baku Hasil Proses Transformasi RBF pada Model Wajah 3D

Titik Fitur	Simpangan Baku Model Wajah 3D		
	Manusia	Angsa	Anoman
1	0.1945	0.0177	0.0102
2	0.2274	0.0233	0.0075
3	0.2397	0.0265	0.0102
4	0.2027	0.0251	0.0095
6	0.2118	0.0231	0.0088
9	0.2218	0.0224	0.0113
10	0.2251	0.0251	0.0107
11	0.2235	0.0228	0.0115
22	0.1038	0.0247	0.0167
24	0.1457	0.0299	0.0096
26	0.1122	0.0255	0.0144
29	0.2848	0.0314	0.0108
Rerata simpangan baku	0.0510	0.0034	0.0024

Hasil transformasi ruang pada model wajah 3D memiliki rerata simpangan baku 0,0510 pada model wajah karakter manusia, 0,0034 rerata simpangan baku pada model wajah karakter angsa dan 0,0024 rerata simpangan baku pada model wajah karakter anoman.

### Kesimpulan

Transformasi ruang 3D untuk membentuk animasi pada titik fitur model wajah avatar dengan metode radial basis function dan menggunakan data *facial motion capture* telah berhasil dilakukan. Penelitian ini menggunakan 3 buah sampel model wajah avatar 3D, yaitu model wajah avatar manusia, model wajah avatar angsa dan model wajah avatar anoman. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar manusia memiliki rerata simpangan baku 0,0510. Hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar angsa memiliki rerata simpangan baku 0,0034. Dan hasil transformasi ruang 3D pada model wajah avatar anoman memiliki simpangan 0,0024. Dengan teknik ini diharapkan pembentukan animasi ekspresi wajah pada avata dapat dilakukan dengan lebih cepat karena adanya penggunaan kembali (*reuse*) dari data *facial motion capture*.

Tahapan selanjutnya perlu dilakukan skinning agar data motion data pada model wajah avatar dapat membentuk animasi dengan sempurna. Tahapan lain dari penelitian untuk meningkatkan uji kehandalan dari transformasi ruang 3D perlu dilakukan penambahan model wajah avatar terutama yang memiliki perbedaan morfologis yang berbeberda supaya hasil transformasi ruang 3D mendapatkan hasil yang maksimal dari berbagai macam model wajah avatar. Model fungsi RBF yang lain seperti gaussian, invers kuadrik dan invers multi-kuradrik perlu diterapkan juga untuk mendapatkan uji model dari fungsi RBF yang terbaik.

### Daftar Pustaka

- [1] M. B. Nendya, "Animasi Ekspresi Wajah Pada Karakter Virtual 3 Dimensi Berbasis Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 67–84, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.899.
- [2] S. G. Gunanto, "Evaluasi Sintesis Ekspresi Wajah Realistik pada Sistem Animasi Wajah 3D dengan Teknologi Motion Capture," *REKAM J. Fotogr. Telev. dan Animasi*, vol. 14, no. 2, pp. 87–96, 2018, doi: 10.24821/rekam.v14i2.1747.
- [3] A. Fudholi, "Animasi Interaktif Pembelajaran Pengenalan dan Perancangan Jaringan Komputer," *Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. dan Log.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–40, 2015.
- [4] I. A. Zulkarnain, "Optimalisasi Face Rigging Pada Pembuatan Karakter Animasi 3D," *J. SITECH Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 185–192, 2019, doi: 10.24176/sitech.v2i2.3920.
- [5] S. Chin, C. Y. Lee, and J. Lee, "An automatic method for motion capture-based exaggeration of facial expressions with personality types," *Virtual Real.*, vol. 17, no. 3, pp. 219–237, 2013, doi: 10.1007/s10055-013-0227-8.
- [6] M. B. Nendya and S. G. Gunanto, "ANIMASI EKSPRESI WAJAH PADA AVATAR BERBASIS FEATURE- POINT CLUSTER B-86 B-87," *Pros. SENTIA 2014-Politeknik Negeri Malang*, vol. 6, pp. 86–90, 2014.
- [7] A. J. Sijabat, "Motion Capture Dalam Penciptaan Gerak Natural Karakter Alita Dalam Film 'Alita: Battle Angel,'" *Pros. Semin. Nas. Cendekiawan*, p. 2, 2019, doi: 10.25105/semnas.v0i0.5816.
- [8] L. Husniah, H. Wibowo, and M. Yuniarno, "Facial Rigging untuk Karakter 3D Berbasis Facial Action Coding System (FACS)," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–30, 2015, doi: 10.24821/jags.v1i1.896.
- [9] F. I. Parke, "Computer generated animation of face," *Proc. ACM Annu. Conf.*, vol. 1, pp. 451–457, 1972.
- [10] J. Bennett and C. Carter, "Adopting Virtual Production For Animated Filmmaking," pp. 81–86, 2014, doi: 10.5176/2251-1679\_cgat14.21.
- [11] T. Troy and P. Pranowo, "Transformasi Ruang 2D Ke 3D Pada Animasi Wajah Berbasis Data Marker Menggunakan Radial Basis Function," *J. Animat. Games Stud.*, vol. 2, no. 2, p. 229, 2016, doi: 10.24821/jags.v2i2.1422.
- [12] K. El-Haddad, H. Çakmak, E. Gilmartin, S. Dupont, and T. Dutoit, "Towards a listening agent: A system generating audiovisual laughs and smiles to show interest," *ICMI 2016 - Proc. 18th ACM Int. Conf. Multimodal Interact.*, pp. 248–255, 2016, doi: 10.1145/2993148.2993182.
- [13] S. Sumpeno, M. Hariadi, and M. H. Purnomo, "Facial emotional expressions of life-like character based on text classifier and fuzzy logic," *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 38, no. 2, pp. 122–133, 2011.

- 
- [14] M. B. Nendya, E. M. Yuniarno, and S. Sumpeno, "Clustering Titik Fitur Model Wajah 3D Menggunakan K-Nearest Neighbour," *J. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 07, no. 01, pp. 19–24, 2021, [Online]. Available: <https://journal.uc.ac.id/index.php/JUISI/article/view/1739>.