



## The Effect of Combining Rig Joint and Blendshape Methods on Faces to Increase Efficiency in 3D Animation

### Pengaruh Perpaduan Metode Rig Joint dan Blendshape pada Wajah untuk Meningkatkan Efisiensi Pada Animasi 3D



Imam Ainudin Pirmansah <sup>a</sup>

#### Article history:

Submitted: 6 December 2023

Revised: 19 December 2023

Accepted: 10 January 2024

#### Keywords:

3D Animation, Facial Expression, FACS, joint, blendshape, Facial Rigging

#### Abstract

Facial animation is an important aspect in 3D character animation, because emotional delivery involves more animation on the face, such as how to express and dialogue between characters. Therefore animators must have experience in facial expressions, how to understand anatomy, and how facial muscles react and connect with each other. Facial Action Coding System or (FACS) is one of the reference systems in this study. This study uses a combination of approaches between joint-based matches and mixed-based rigging (blendshape) models. The face animation parameters based on 6 common expressions are; smile, disgust, anger, fear, sadness, and shock. This research uses experimental trials involving 3 parameters in testing, namely rigging efficiency, memory usage efficiency, and time estimation efficiency when rendering

#### Abstrak

Animasi wajah merupakan aspek penting dalam animasi karakter 3D, karena penyampaian emosional lebih banyak melibatkan animasi pada wajah, seperti cara mengekspresikan dan berdialog antar karakter. Oleh karena itu animator harus memiliki pengalaman dalam hal ekspresi wajah, bagaimana memahami anatomi, dan bagaimana otot wajah bereaksi dan terhubung satu sama lain. Facial Action Coding System atau (FACS) merupakan salah satu sistem acuan dalam penelitian ini. Studi ini menggunakan kombinasi pendekatan antara kecocokan berbasis tulang (joint) dan model campuran berbasis rigging (blendshape). Parameter animasi wajah berdasarkan 6 ungkapan umum adalah; tersenyum, jijik, marah, takut, sedih, dan kaget. Penelitian ini menggunakan percobaan eksperimental yang melibatkan 3 parameter dalam pengujian, yaitu efisiensi rigging, efisiensi penggunaan memori, dan efisiensi estimasi waktu ketika rendering

SMART : Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer © 2024.  
This is an open access article under the CC BY-NC-SA license  
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

<sup>a</sup> Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Amikom Yogyakarta, Yogyakarta

**Corresponding author:**

Imam Ainudin Pirmansah

Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Amikom Yogyakarta, Yogyakarta

*Email address:* imam.af@amikom.ac.id

---

**1 Pendahuluan**

Ekspresi wajah memainkan peranan yang penting karena hampir semua aspek interaksi dan komunikasi dilakukan dengan bertatap muka (Yan et al., 2013). Namun untuk membuat ekspresi wajah secara realistis tidaklah mudah, dan itu merupakan tantangan besar dalam dunia animasi karena wajah dapat mengakomodasi berbagai ekspresivitas yang begitu besar, dari petunjuk emosi yang paling halus hingga ke yang berlebihan. (AH Bermano, et al, 2014). Pemodelan dan animasi wajah dianggap sebagai salah satu fungsi paling sulit dilakukan karena harus mewakili wajah secara grafis pada sistem komputer dan menjiwai wajah dengan cara yang konsisten agar pergerakan terlihat seperti manusia nyata. (Shakir & Al-Azza, 2022). Sampai saat ini memang belum ada ketetapan metode pasti untuk animasi wajah 3D, bahkan Teknik-teknik canggih yang digunakan belum keseluruhan menghasilkan detail halus dari pergerakan, tetap ada campur tangan secara manual dari seniman (Olszewski, Lim, Saito, & Li, 2016)

Facial Action Coding System atau FACS (Ekman, 1978) merupakan sistem yang berguna untuk membantu melakukan analisis dan simulasi ekspresi gerak wajah serealistik mungkin. Adapun dalam penerapannya terdapat berbagai metode penerapan ekspresi wajah diantaranya, pendekatan simulation-based, pendekatan performance-driven, pendekatan berbasis Blendshape (Nikolaos E., 2008), dan pendekatan berbasis bone atau Joint-based (V. Orvalho, et al, 2012).

Pendekatan simulation-based membutuhkan sumber daya komputasi yang memahami perpaduan tindakan dan fungsi otot-otot pada wajah. Pendekatan berbasis simulasi memiliki potensi besar dalam aplikasi medis. Jadi pendekatan ini lebih cocok dalam penerapan kebutuhan medis, karena dalam pembuatannya harus memahami anatomi wajah dan berpotensi memberikan panduan bagi profesional medis dan praktiknya (Nikolaos E., 2008).

Pendekatan performance-driven melibatkan alat khusus untuk mengambil data pergerakan wajah yang disebut motion capture (Samuel G., et al, 2015). Pendekatan ini memiliki potensi paling besar untuk mencapai realisme visual, namun alat untuk kebutuhan metode ini tidaklah murah dan tergolong teknologi yang cukup tinggi, serta ketika terjadi kesalahan pada pergerakan tidak mudah untuk diperbaiki dengan cepat dalam waktu yang dekat (Nikolaos E., 2008).

Pendekatan berbasis Blendshape menciptakan ekspresi wajah yang diinginkan melalui kombinasi dari sekumpulan model yang ada (Romeo & Schwartzman, 2020). Meskipun metode ini mudah untuk diterapkan, tetapi metode ini hanya mampu menciptakan animasi diantara contoh yang ada, yang merupakan Batasan besar. Selain itu kinerjanya sangat bergantung pada kualitas model itu sendiri tetapi pada metode ini bisa menerapkan kebutuhan lipsync animasi (Nikolaos E., 2008).

Pendekatan berbasis tulang atau Joint merupakan perubahan bentuk yang didasari oleh pergerakan tulang-tulang yang dibuat sebelumnya. Meskipun dalam pembuatannya membutuhkan persiapan yang cukup banyak dan sedikit berat karena memiliki banyak tulang dan sistem kontrol tulang itu sendiri, (Song, Shi, & Reed, 2020, pendekatan ini memungkinkan gerakan yang lebih fleksibel untuk animator namun tidak dapat menerapkan untuk kebutuhan lipsync (V. Orvalho, et al, 2012).

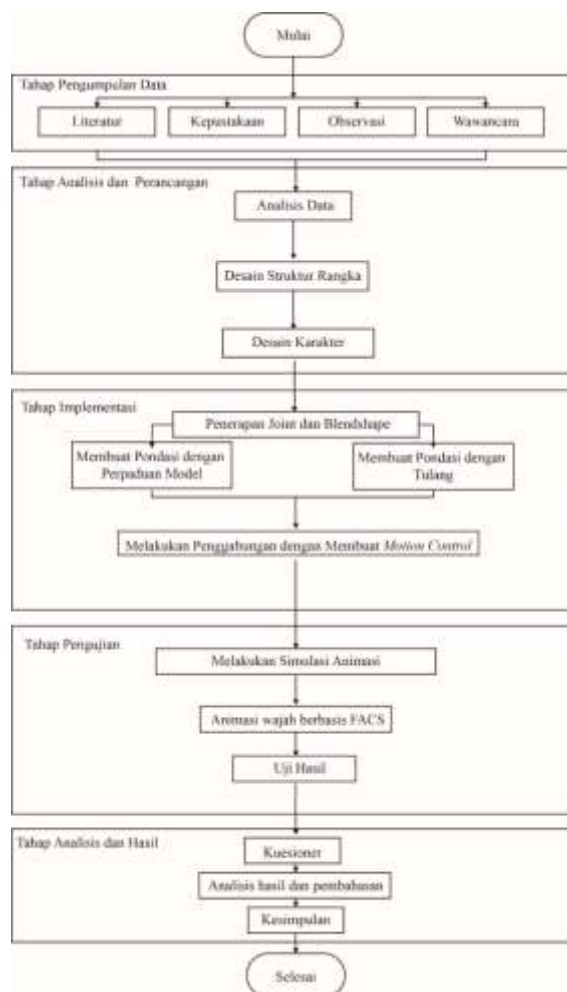
Animasi wajah memang merupakan peranan yang penting dari sebuah animasi, maka tidak heran banyak sekali yang melakukan penelitian dan eksperimen tentang penerapan animasi wajah. Seperti yang dikatakan oleh Kyle pada penelitiannya yaitu: Sampai saat ini memang belum ada ketetapan metode pasti untuk animasi wajah 3D, bahkan Teknik-teknik canggih yang digunakan belum keseluruhan menghasilkan detail halus dari pergerakan, tetap ada campur tangan secara manual dari seniman (Kyle O., 2016).

Sebagaimana uraian yang telah dipaparkan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa, setiap pendekatan memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing, seperti halnya pada pendekatan Joint yang tidak dapat melakukan lipsync disebabkan oleh deformasi secara manual dan pendekatan Blendshape yang perubahan bentuknya

sangat terbatas oleh kualitas model yang mengakibatkan kesulitan dalam memperbaiki deformasi ketika dalam tahap animasi (wang, wang, & wu, 2011). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan mencoba ber-eksperimen yaitu menggabungkan atau mengkombinasikan dua metode sekaligus. Menurut Niklas Larsson, jika seniman cukup terampil untuk mengkombinasikan target morph yang didorong bentuk model dan animasi yang didorong oleh tulang (Joint), bisa saja hasil kombinasi ini mencapai tingkat kontrol artistik tertinggi (Suprpto, A. D. (2017). Maka dari itu penulis berharap dalam penelitian ini, kombinasi antara dua pendekatan ini bisa saling berkorelasi dengan kekuatan dan kelemahan masing-masing serta bisa saling melengkapi kelemahan yang ada pada masing-masing di kedua pendekatan tersebut, sehingga menghasilkan sistem kontrol animasi wajah yang lebih baik.

## 2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kepustakaan, Dimana dalam penelitian ini data-data yang dikumpulkan menggunakan beberapa literatur, yaitu dengan cara mempelajari dan memahami berbagai literatur seperti buku, jurnal ilmiah, situs-situs internet, bahkan dari berbagai sumber tertulis baik cetak maupun digital yang terpercaya.



Gambar 1. Alur Penelitian

1. Tahap pengumpulan data

Pada tahap pengumpulan data, dilakukan beberapa metode seperti studi literature, observasi, kepastakaan, dan wawancara yang melibatkan interaksi langsung antara peneliti dan responden (Ardiansyah, Risnita, & Jailani, 2023). Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian ini yang berupa data seperti struktur rangka kepala manusia, pola gerak wajah manusia pada umumnya, dan data mengenai metode Joint dan Blendshape. Hasil pada tahap ini yaitu tinjauan pustaka dan landasan teori yang merupakan dasar dari penelitian.

2. Tahap Analisa dan Perancangan

Tahap analisa yaitu: menganalisa data yang telah didapat hasil dari tahap pengumpulan data yang kemudian melakukan perancangan dengan membuat desain kerangka kepala dan desain karakter itu sendiri.

3. Tahap Implementasi

Pada tahap ini adalah melakukan eksperimen dengan menerapkan kedua metode, yaitu metode Joint dan Blendshape. Dalam hal penerapannya dilakukan perbagian terlebih dahulu, yaitu melakukan sebuah pondasi untuk rig menggunakan Blendshape dan membuat pondasi untuk rig menggunakan Joint.

4. Tahap Pengujian

Tahap pengujian bertujuan untuk menguji penenrapan dari kedua metode Joint dan Blendshape. Pada penelitian ini, ada beberapa tahapan pengujian yang digunakan untuk menilai hasil dari penerapan metode sebelumnya yaitu sebagai berikut:

- a. Simulasi rigging, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah antara kepala dengan rig sudah tergabung atau belum, apakah masih terdapat cacat pada objek atau belum. Biasanya apabila terjadi ketidakcocokan antara kulit dengan rig, maka dilakukannya tahap skinning, tahap skinning merupakan cara untuk memperhalus pergerakan supaya tidak terjadinya blooper animation atau pergerakan cacat.
- b. Penggunaan memori, pengujian ini bertujuan mengetahui hasil rig bagian mana yang memang memiliki angka penggunaan memori paling sedikit, bertujuan tidak memberatkan ketika proses animasi.
- c. Simulasi animasi wajah dan rendering, pada tahap ini tahap pengujian animasi berbasis FACS yang kemudian melakukan pengujian rendering dengan mencoba berkali-kali, yang bertujuan untuk mengetahui dengan pergerakan yang sama dan metode yang berbeda, proses manakah yang memiliki estimasi waktu rendering paling cepat.

5. Tahap Analisis dan Hasil

Pada tahap ini merupakan tahap evaluasi hasil dari berbagai eksperimen yang dilakukan sebelumnya dan evaluasi dari koresponden perihal hasil penelitian dalam bentuk kuesioner, kemudian memberikan kesimpulan yang bisa diambil dan saran apabila terdapat berbagai kekurangan dalam penelitian yang bertujuan kedepannya bisa dikembangkan kembali.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Analisis

##### A. Hasil Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, pertama-tama perlu disiapkan terlebih dahulu model karakter kartun yang akan menjadi objek penelitian yang kemudian dilanjutkan dengan Rigging secara manual menyesuaikan bentuk wajah sesuai parameter FACS.

Untuk mengukur dalam sebuah keberhasilan, pada penelitian ini melakukan pengujian dengan beberapa parameter, yang pertama yaitu dengan membandingkan proses rigging diantara ketiganya, yang kedua yaitu dengan cara mengukur lewat penggunaan memori, mana yang lebih ringan dalam penggunaannya, yang ketiga yaitu dengan cara mengukur dari segi rendering, mana dari ketiganya yang memiliki waktu rendering tercepat,

kemudian yang terakhir yaitu dengan kuisisioner, kuisisioner bertujuan untuk membuktikan tingkat control artistic, mana dari ketiganya yang memiliki tingkat control artistic yang lebih tinggi. Ekspresi wajah yang terlihat paling natural yang berarti memiliki tingkat control artistic tertinggi. Untuk mengukur ini maka dibuat kuisisioner yang dibagikan ke 22 orang yang memiliki keahlian dibidang tersebut.

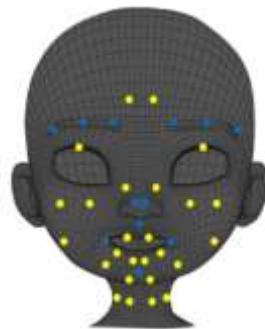
#### 1. Proses Rigging dan Penempatan titik deformasi



Gambar 2. Titik Deformasi berbasis Blendshape

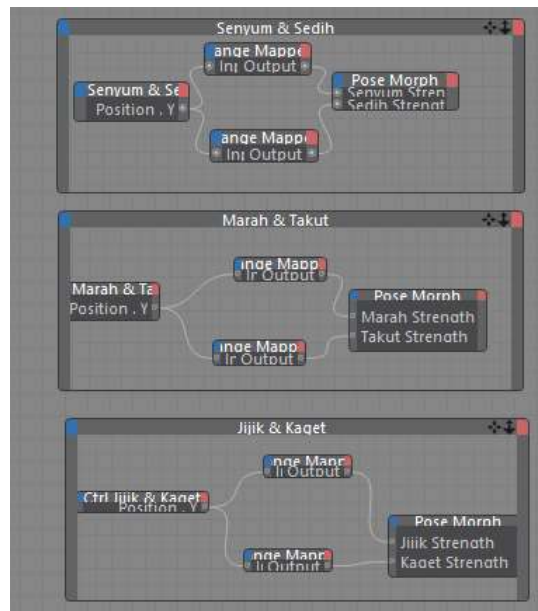


Gambar 3. Titik Deformasi berbasis Joint

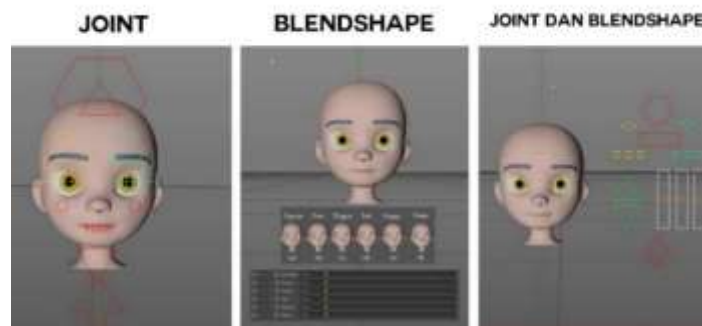


Gambar 4. Titik Deformasi berbasis Hybrid

Pembuatan sistem Pengontrol sebuah gerakan pada wajah. Untuk metode berbasis blendshapes menggunakan jenis slider, sedangkan untuk joint menggunakan titik koordinat yang memiliki kebebasan dalam deformasi.



Gambar 5. Node Controller



Gambar 6. Sistem Deformasi Wajah

Terdapat 39 Sendi dan 27 sistem control yang digunakan untuk membangun 6 ekspresi pada pendekatan joint. Berbeda dengan blandshape yang langsung melakukan deformasi pada wajah dengan membuat 6 ekspresi wajah sekaligus untuk dijadikan sampel control nantinya. Terdapat 6 sistem control pada pendekatan blendshape. Dalam pembuatan blendshape lebih cepat dibanding joint namun pada blendshape memiliki berbagai kekurangan yaitu ketika jumlah poli semakin banyak mudah untuk mengalami kerusakan pada mesh apabila tidak teliti dalam membuatnya dan memiliki keterbatasan karena hanya mengandalkan model-model wajah yang sudah dibuat sehingga animator tidak bisa mengeksplor lebih jauh dalam hal pergerakan. Sedangkan pada perpaduan joint dan blendshape menggabungkan keduanya, namun pada penelitian ini membuat sistem control lebih efisien yaitu hanya dengan 12 sendi dan 6 deformasi otot untuk melakukan deformasi 6 ekspresi.

## 2. Penggunaan Memori



Gambar 7. Penggunaan Memori

Dalam uji penggunaan memori seperti pada Gambar 4.52 di atas, pendekatan blendshape lebih menghemat memori dengan hanya penggunaan 11.348 KB karena hanya membuat 6 sample wajah, dan tidak menutup kemungkinan ketika terdapat ribuan sample wajah akan memakan memori lebih banyak. Sedangkan Perpaduan joint dan blendshape ada di urutan kedua yaitu dengan penggunaan selisih sedikit dari blendshape yaitu 11.887 KB, dan Joint menggunakan 13.032 yang menjadi pengguna terbanyak, hal itu dikarenakan pondasi tulang dan controller yang diterapkan pada joint cukup banyak.

## 3. Estimasi Rendering

Untuk melihat bagaimana implementasi perpaduan rigging antara joint dan blendshape memberikan pengaruh efisiensi, terutama terhadap rendering, maka dilakukan dengan menguji pergerakan ekspresi wajah setiap metode rigging dengan koordinat yang sama disetiap metodenya.

Setelah diketahui perbedaan hasil rendering yang didapat maka akan diketahui seberapa cepat dan lamanya estimasi waktu yang dibutuhkan .



Gambar 8. 6 Macam Ekspresi

Tabel 1. Percobaan Rendering berbasis Blendshape

Metode	Ekspresi	Render1	Render2	Render3	Render4	Render5	Render6	Rata-rata
Blendshape	Senyum	7,00s	7,03s	7,04s	7,06s	6,59s	7,05s	<b>6,96s</b>
	Jijik	7,01s	7,05s	7,04s	7,06s	6,56s	7,07s	<b>6,96s</b>
	Marah	6,52s	6,53s	6,55s	6,57s	6,49s	6,45s	<b>6,52s</b>
	Sedih	7,16s	7,14s	7,18s	7,19s	7,12s	7,20s	<b>7,16s</b>
	Terkejut	7,15s	7,18s	7,19s	7,19s	7,17s	7,39s	<b>7,21s</b>
	Takut	7,17s	7,21s	7,22s	7,22s	7,26s	7,07s	<b>7,2s</b>
Total								<b>7,01s</b>

Tabel 2. Percobaan Rendering berbasis Joint

Metode	Ekspresi	Render1	Render2	Render3	Render4	Render5	Render6	Rata-rata
Joint	Senyum	7,28s	7,02s	7,04s	7,09s	7,10s	7,36s	<b>7,14s</b>
	Jijik	7,29s	7,12s	7,12s	7,58s	7,18s	7,31s	<b>7,27s</b>
	Marah	14s	13,24s	13,34s	14,36s	13,41s	14,37s	<b>20,55s</b>
	Sedih	17,16s	16,30s	16,32s	16,57s	16,53s	17,56s	<b>21,69s</b>
	Terkejut	7,28s	7,13s	7,14s	7,39s	7,24s	7,31s	<b>7,25s</b>
	Takut	15,09s	14,07s	14,18s	14,21s	14,31s	15,16s	<b>14,50s</b>
Total								<b>13,06s</b>

Tabel 3. Percobaan Rendering berbasis Hybrid

Metode	Ekspresi	Render1	Render2	Render3	Render4	Render5	Render6	Rata-rata
Joint & Blendshape	Senyum	6,36s	6,38s	6,40s	6,48s	6,52s	6,53s	<b>6,44s</b>
	Jijik	6,38s	6,52s	6,37s	6,43s	6,48s	6,43s	<b>6,43s</b>
	Marah	6,44s	6,54s	6,40s	6,49s	7,08s	6,51s	<b>6,58s</b>
	Sedih	6,19s	6,34s	6,26s	6,35s	6,36s	6,37s	<b>6,31s</b>
	Terkejut	6,37s	6,37s	6,34s	6,41s	6,44s	6,46s	<b>6,39s</b>
	Takut	6,41s	6,47s	6,45s	6,47s	6,51s	6,54s	<b>6,47s</b>
Total								<b>6,44s</b>

## B. Pembahasan

Hasil dari implementasi perpaduan antara joint dan blendshape yang berpengaruh terhadap efisiensi kecepatan rendering dapat disimpulkan bahwasanya metode blendshape memiliki total rendering dengan kecepatan rata-rata 7,01 per detiknya, dan joint menempuh total rata-rata 13,06 per detiknya, sedangkan perpaduan joint dan blendshape memiliki waktu lebih cepat yaitu total rendering rata-rata 6,44s per detiknya.

Dari data tersebut mengindikasikan bahwa perpaduan antara blendshape dan joint memiliki waktu yang lebih cepat dalam hal rendering dibanding dengan metode rigging lainnya, hal ini karena perpaduan joint dan blendshape memiliki pengaruh ketika penganimasian yang memang lebih efektif.

## 4 Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Penelitian ini menyajikan serangkaian pendekatan untuk membangun dan menggunakan sistem dan control rig wajah yang menggunakan perpaduan atau kombinasi dua pendekatan yaitu Joint dan Blendshape. Adapun alasan untuk pengembangan banyak pendekatan, yang dimulai dari modeling, membuat pondasi rig dan berakhir dengan membuat sistem control rig, tidak lain untuk menemukan Sistem rig yang efektif dan lebih baik sehingga mudah untuk diterapkan.

1. Dalam hal penggunaan memori metode blendshape lebih sedikit yaitu hanya menggunakan 11.348 KB namun hal itu tidak menutup kemungkinan akan memakan banyak memori karena dalam penelitian ini hanya menggunakan 6 sampel wajah sedangkan terdapat ribuan sampel wajah yang memungkinkan dapat memakan banyak memori, sedangkan Perpaduan joint dan blendshape ada di urutan kedua yaitu dengan penggunaan 11.887 KB, dan Joint menggunakan 13.032 KB.
2. Dalam hal rendering metode blendshape memiliki total rendering dengan kecepatan rata-rata 7,01 per detik, dan joint menempuh total rata-rata 13,06 per detik, sedangkan perpaduan joint dan blendshape memiliki waktu lebih cepat yaitu total rendering rata-rata 6,44s per detik.
3. Dari segi animasi wajah ekspresi perpaduan antara joint rig dan blendshape berada pada rentang kategori 60%-79%. Yang menjadikan perpaduan keduanya memiliki system control artistic tertinggi karena memiliki perubahan animasi yang cukup baik dibanding yg lainnya. Data ini didapat dari hasil kuisioner yang dibagikan kepada para responden yang ahli dibidang tersebut

### Saran

Implementasi sistem rig wajah yang dibuat berdasarkan perpaduan antara Joint dan Blendshape saling melengkapi dalam hal kekurangan dan menjadikan pembuatan sistem rig menjadi lebih efektif karena tidak perlu membuat lebih banyak titik sendi dan tidak perlu merusak banyak mesh didalamnya. Namun dalam penelitian ini masih terdapat kekurangan, yaitu belum terdapat otomatisasi sistem rig yang kompatibel untuk berbagai karakter wajah.

Penyesuaian wajah dan animasi akan terus menjadi bidang penelitian dan produksi yang luas yang mampu menghadirkan lebih banyak tantangan kedepannya. Penulis berharap menghasilkan penelitian masa depan untuk unggul dalam bidang rigging dan animasi karakter pada wajah.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] Shakir, S. D., & Al-Azza, A. A. (2022). Facial Modelling and Animation: An Overview of The State-of-The Art. *Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering*, 18(1), 28-37. <https://doi.org/10.37917/ijeee.18.1.4>
- [2] Olszewski, K., Lim, J. J., Saito, S., & Li, H. (2016). High-fidelity facial and speech animation for VR HMDs. *ACM Journals*, 35(6), 1-14. <https://doi.org/10.1145/2980179.2980252>
- [3] Ersotelos, N., & Dong, F. (2008). Building highly realistic facial modeling and animation: a survey. *Springer Link*, 24, 13-30. <https://doi.org/10.1007/s00371-007-0175-y>
- [4] Bermano, A. H., Bradley, D., Beeler, T., Zund, F., Nowrouzezahrai, D., Baran, I., . . . Gross, M. (2014). facial performance Enhancement using dynamic shape space analysis. *ACM Transactions on Graphics*, 33(2), 1-12. <https://doi.org/10.1145/2546276>
- [5] Orvalho, V., Pedro, B., Frederic, P., Bruno, O., & Xenxo, A. (2012). A Facial Rigging Survey. *Eurographics*, 183-204. <http://dx.doi.org/10.2312/conf/EG2012/stars/183-204>
- [6] Friesen, E. & Ekman, P. (1978). Facial Action Coding System: a Technique for the Measurement of Facial Movement. *Palo Alto*, 3(2), 5. <https://doi.org/10.1037/t27734-000>
- [7] Suprpto, A. D. (2017). Analisis penggunaan teknik morph dan bone untuk animasi ekspresi wajah dalam

- industri film kartun 3D. *Seniati*, 3(1), 12-26. <https://doi.org/10.36040/seniati.v3i1.1508>
- [8] Gunanto, s. g., Nendya, m. b., Hariadi, m., & Yuniarno, e. m. (2015). Deformasi wajah karakter kartun berbasis klaster titik fitur gerak. *journal of urban society's Arts*, 2(1), 55-61. <https://doi.org/10.24821/jousa.v2i1.1269>
- [9] Yan, W., Wu, Q., Liang, J., Chen, Y. and Fu, X, (2013), How Fast are the Leaked Facial Expressions: The Duration of Micro-Expressions, *Journal of Nonverbal Behavior*, 37(4), pp.217-230. <https://doi.org/10.1007/s10919-013-0159-8>
- [10] wang, x., wang, l., & wu, g. (2011). Body and Face Animation Based on Motion Capture. *IJIEEB*, 3(2), 28-34. <https://doi.org/10.5815/ijieeb.2011.02.04>
- [11] Song, S. L., Shi, W., & Reed, M. (2020). Accurate face rig approximation with deep differential subspace reconstruction. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 39(4), 34-1. <https://doi.org/10.1145/3386569.3392491>
- [12] Romeo, M., & Schwartzman, S. C. (2020). Data-Driven Facial Simulation. In *Computer Graphics Forum* (Vol. 39, No. 6, pp. 513-526). <https://doi.org/10.1111/cgf.14089>
- [13] Ardiansyah, Risnita, & Jailani, M. S. (2023). Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif. *Ihsan Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 1-9. <https://doi.org/10.61104/ihsan.v1i2.57>
- [14] Arman, A., Ratih Purwarsih, Rizki Rafif Sunni, & Devi Yuliana. (2023). Sistem Informasi Pemesanan Tiket Kapal Pada PT. Mentawai Fast Berbasis Web: . *SMART : Jurnal Teknologi Informasi Dan Komputer*, 2(2), 79–92. Retrieved from <https://journal.bengkuluinstitute.com/index.php/smart/article/view/492>