

IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY SEBAGAI CONTROLLING ANIMATED CHARACTERS

Ichwan Kurniawan¹⁾, Much. Rifqi Maulana²⁾, Christian Yulianto Rusli³⁾

STMIK Widya Pratama¹²³⁾

Ichwan.ana10@gmail.com¹⁾, rifqi@stmik-wp.ac.id²⁾, cyr.tata@gmail.com³⁾ (12pt)

Abstrak

Pembuatan animasi 3D fokus pada perubahan bentuk, tempat dan perputaran objek. Penggunaan Game 3D dapat digunakan sebagai simulasi gerakan dekselerasi (perlambatan), akselerasi (percepatan) dan perpindahan berat yang realistis. Penggunaan teknologi AR dapat digunakan sebagai inputan dari pengguna sensor nyata dari pengguna, sekaligus menjadi output kepada pengguna yang bersifat real-time. Hal ini dikarenakan generasi image dari augmented reality display yang berhubungan dengan pengamatan pengguna, dikonsumsi oleh pengguna secara langsung. Tujuan dari penelitian ini adalah Apakah terjadi perbedaan prosentase sumberdaya komputer, dalam hal ini processor, RAM dan disk dalam pemanfaatan marker augmented reality dan tombol sebagai character animation controller. Hasil dari implementasi Marker AR sebagai Character Animation Controller adalah bahwa dengan menggunakan marker AR, character animation dapat dikontrol dengan baik pada lingkungan dunia nyata. Kemudian dari pengukuran rata-rata penggunaan sumberdaya komputer, baik processor, RAM dan disk pada setiap controller animation terdapat perbedaan. Jika dilihat penggunaan marker AR prosentase penggunaan sumberdaya komputer lebih tinggi dibanding dengan penggunaan tombol. Hal ini dimungkinkan penggunaan marker AR melibatkan perangkat input camera untuk mendeteksi marker, sedangkan penggunaan tombol hanya menggunakan perangkat mouse input. Hal ini menjadikan kinerja dari ketiga sumberdaya komputer tersebut menjadi meningkat. Selain itu terdapat selisih prosentase pada tiap animasi, pada penggunaan processor selisih tertinggi terdapat pada animasi walk sebanyak 19.0 %, kemudian selisih penggunaan RAM tertinggi adalah pada animasi walk sebanyak 1.3 %, dan selisih penggunaan disk tertinggi adalah pada animasi jump sebanyak 3.4 %. hal ini dikarenakan dalam penggunaan sumberdaya komputer dalam animasi berbeda-beda. Kajian berikutnya untuk melihat kembali komponen animasi yang akan diuji, yaitu dalam hal detail animasi, jumlah key frame dan jumlah frame dalam animasi atau bentuk pose dalam tiap key frame animasi.

Kata kunci: Marker, Augmented Realitu, Character, Animation, Sumberdaya Komputer

1. Pendahuluan

Penggunaan Animasi dalam berbagai bidang sekarang ini banyak digunakan, baik sebagai hiburan, pengajaran maupun simulai. Membuat sebuah animasi membutuhkan waktu yang lama dan rumit dalam menciptakan berbagai gerakan (Riwinoto and Risqi 2018). Proses animasi, secara teknis membutuhkan waktu yang lama dalam pembuatannya, detail gerakan diciptakan dalam satuan frame per secon (fps), artinya setiap satu detik membutuhkan gambar sebanyak frame dalam fps. Pembuatan animasi 3 Dimensi (3D)

fokus pada perubahan bentuk, tempat dan perputaran objek (Ismail, et al. 2018). Gerakan objek pada pembuatan animasi 3D berfokus pada perubahan objek dalam satuan waktu, baik perubahan bentuk, perubahan tempat dan perubahan perputaran. Perubahan objek dikunci dalam tiga sumbu kuncil yaitu sumbu x, y dan z.

Pembuatan animasi 3D harus mempertimbangkan semua langkah mulai dari pemodelan hingga proses rigging (Kunkhet, Samarngoon and Maneejuk 2019). Langkah-langkah pembuatan animasi 3D dimulai dari

memodelan objek, penambahan material dan texture, menambahkan penulangan (rigging) kemudian mengunci gerakan pada key frame. Penggunaan Game 3D dapat digunakan sebagai simulasi gerakan dekselerasi (perlambatan), akselerasi (percepatan) dan perpindahan berat yang realistis (Rodkaew 2019). Dengan menggunakan game 3D, objek dapat dikontrol melalui perangkat input, baik menggunakan mouse, keyboard, joystick atau perangkat input yang lain. Namun penggunaan perangkat input yang digunakan dalam permainan game 3D akan mempengaruhi perilaku pemain dalam memainkan game.

Kombinasi penempatan label gambar dengan identitas area gambar menjadi solusi sistem *Augmented Reality (AR)* berbasis penanda (Jia, et al. 2018). Penggunaan teknologi *AR* dapat digunakan sebagai inputan dari pengguna sensor nyata dari pengguna, sekaligus menjadi output kepada pengguna yang bersifat real-time. Perangkat *AR* yang digunakan dapat mempermudah pengamatan pengguna dalam membuat dan menentukan control objek virtual dalam lingkungan nyata. Hal ini dikarenakan generasi image dari augmented reality display yang berhubungan dengan pengamatan pengguna, dikonsumsi oleh pengguna secara langsung (Oliver and Ramesh 2005). Penggunaan sensor nyata yang berupa marker atau penanda dari pengguna dapat mempengaruhi atau mengontrol objek virtual secara *real-time* dalam lingkungan nyata pengguna.

Penggunaan teknologi *marker AR* pengguna dapat berinteraksi dengan model berbasis augmented reality (Chia-Yen, Bao Rong and Po-Sen 2014). Hal ini dimungkinkan dapat digunakan sebagai sensor nyata yang dapat digunakan sebagai kontrol objek virtual secara real-time, dalam hal ini objek virtual berbentuk animasi 3D dan sekaligus dapat memungkinkan meningkatkan pengalaman pengguna dalam mengontrol objek virtual secara real-time dalam lingkungan nyata.

Uraian di atas menunjukkan bahwa dengan memanfaatkan *marker AR* dapat digunakan sebagai media untuk berinteraksi dengan model virtual, dalam hal ini *marker AR* digunakan sebagai controller objek atau model virtual. Penggunaan *marker AR* dapat menambah

pengalaman pengguna dalam mengendalikan objek virtual dalam lingkungan nyata secara *real-time*.

Penelitian terkait dengan animasi kontrol dengan *marker AR*, diantaranya adalah:

Yen Pan dan Kenny Mitchell dalam papernya yang berjudul *PoseMMR: A Collaborative Mixed Reality Authoring Tool for Character Animation*, menyatakan bahwa pendekatan baru dalam animasi karakter adalah dimungkinkan dengan menggunakan perangkat *AR*, hal ini memungkinkan pengguna untuk menganimasikan karakter dalam lingkungan *Mixed Reality (MR)* (Pan dan Mitchell, *PoseMMR: A Collaborative Mixed Reality Authoring Tool for Character Animation* 2020). Pepar ini membahas bagaimana penggabungan teknologi *MR* dikolaborasi dengan pengeditan animasi karakter dalam ruang 3D.

Selanjutnya Yen Pan dan Kenny Mitchell dalam papernya yang berjudul *Group-Based Expert Walkthroughs: How Immersive Technologies Can Facilitate the Collaborative Authoring of Character Animation*, dalam papernya menyatakan bahwa mengedit dan mengontrol animasi dapat dilakukan dalam lingkungan imersif (Pan dan Mitchell, *Group-Based Expert Walkthroughs: How Immersive Technologies Can Facilitate the Collaborative Authoring of Character Animation* 2020). Dimana pengguna dapat mengontrol dan membentuk animasi dalam lingkungan realitas campuran. Dalam hal ini pengguna menggerakkan objek animasi seperti menggerakkan animasi boneka dengan stop-motion.

Penelitian fokus pada pengendalian karakter animasi pada lingkungan *augmented reality*, hal ini memungkinkan pengguna dapat mengendalikan karakter animasi tanpa menggunakan perangkat input komputer. Secara penuh pengguna terlepas dari perangkat input tersebut, melalui sensor kamera pengguna dapat mengendalikan karakter animasi dengan menggunakan marker.

Berdasarkan latar belakang dan riset terdahulu maka dapat diambil rumusan masalahnya adalah “Apakah penggunaan *marker augmented reality* dapat dimanfaatkan sebagai *character animation controller* dalam lingkungan nyata secara *real-time*?”. Sedangkan tujuan dari

penelitian ini adalah memanfaatkan *marker augmented reality* sebagai *character animation controller* dalam lingkungan nyata serara *real-time*. Kemudian manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif bagi pengembang dan pememain game dalam metode kontrol karakter game dengan menggunakan teknologi *marker augmented reality*.

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian experimental dengan metode penelitian sebagai berikut:

a. Pengumpulan Data

Penentuan masalah penelitian adalah dengan menggunakan studi literatur dan studi lapangan, pada tahap ini akan dilakukan analisis kebutuhan sistem dan pengumpulan data mengenai *Marker AR* dan *Character Animation Controller*.

b. Penentuan Computing Approach

Computing approach pada penelitian ini adalah menggunakan metode pelacakan *marker AR*, *Marker AR* dipilih dengan pemikiran bahwa, *Marker AR* dapat digunakan sebagai *Character Animation Controller* dalam lingkungan nyata serara *real-time*.

c. Implementasi *Marker AR* untuk sebagai sensor di lingkungan nyata dapat digunakan sebagai *Character Animation Controller* dalam lingkungan nyata serara *real-time*.

d. Eksperimen dengan melakukan pembuatan *Character Animation Controller* dengan *Marker AR* dengan membandingkan perform *Central Processing Unit (CPU)* dan *Random Access Memory (RAM)* pada mode control animation dengan marker dan tombol.

e. Evaluasi dengan melakukan komparasi dengan data empiris. Pengujian Implementasi *Marker AR* sebagai sensor di lingkungan nyata dapat digunakan sebagai *Character Animation Controller* dalam lingkungan nyata serara *real-time*, dilakukan melalui Perbandingan perform *Central Processing Unit (CPU)* dan *Random Access Memory (RAM)* pada mode control animation dengan marker dan tombol.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah berhubungan dengan masalah yang diteliti, data tersebut adalah data Model 3D *Character* dan Animasi *Character* data Animasi *Character*. Data ini nantinya akan dilakukan eksperimen pengaruhnya terhadap perform CPU dan RAM pada penggunaan *marker ar* dan tombol untuk mengontrol animasi karakter.

Data Model 3D *Character*, dibuat dengan menggunakan *software blender*, dengan gambaran human character. Yatu *character* yang mempunyai sifat seperti manusia, terdapat kepala, badan tangan dan kaki.

Model 3D



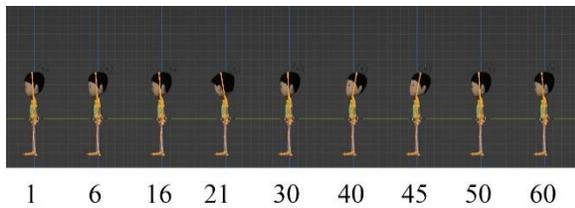
Gambar 1. Model 3D Character Front



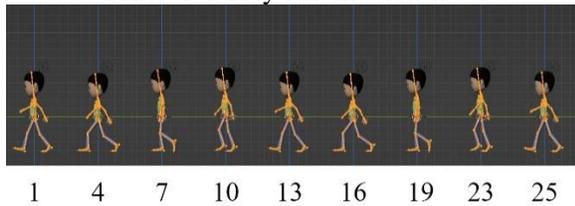
Gambar 2. Model 3D Character Rigging



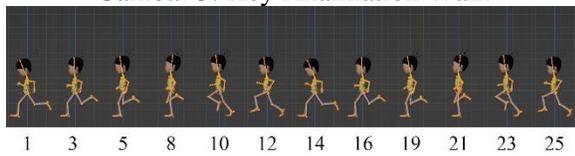
Gambar 3. Model 3D Character Pose Key Animation



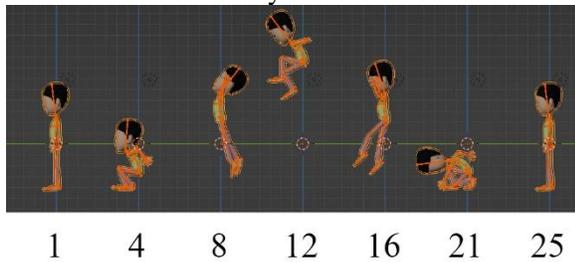
Gambar 4. Key Animation Ideal



Gambar 5. Key Animation Walk



Gambar 6. Key Animation Run



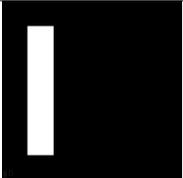
Gambar 7. Key Animation Jump

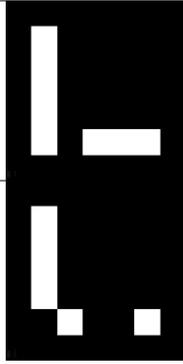
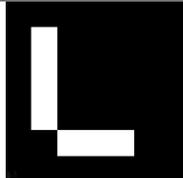
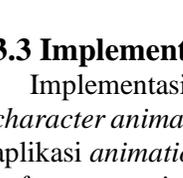
3.2 Penentuan *Computing Approach*

Pemanfaatan *marker AR* sebagai *controller character animation* sebagai langkah penentuan *computing approach* berhubungan dengan penggunaan metode pelacakan *marker* sebagai virtual tombol pada lingkungan nyata. Hal ini memungkinkan *Character Animation* dapat dikendalikan dengan menggunakan *marker* dalam lingkungan nyata.

Animation Marker ID

Tabel 1. Marker ID Controller

Marker ID	Keterangan
	Digunakan sebagai marker utama untuk memunculkan objek control, dengan key animation ideal.

Marker ID	Keterangan
	Digunakan sebagai marker untuk menjalankan animasi run, animasi dijalankan jika marker tidak terdeteksi.
	Digunakan sebagai marker untuk menjalankan animasi jump, animasi dijalankan jika marker tidak terdeteksi.
	Digunakan sebagai marker untuk menjalankan animasi walk, animasi dijalankan jika marker tidak terdeteksi.

3.3 Implementasi *Animation Controller*

Implementasi *marker AR* sebagai *controller character animation* dilakukan dengan membuat aplikasi *animation AR*, aplikasi ini dibuat dengan *software engine Openspace3D*. Aplikasi dapat menjalankan dua mode *controller animation*, pertama menggunakan *marker AR* dan yang kedua menggunakan tombol.



Gambar 8. Tombol *Animation Controller*



Gambar 9. *Marker AR Animation Controller*

3.4 Pembahasan

Sumber daya komputer yang berpengaruh dalam menjalankan animasi adalah *Processor*, *Random Access Memory (RAM)* (Maulana dan Kurniawan 2019), dan *disk*. Sumberdaya komputer tersebut bertugas sebagai pemroses data, dalam penelitian ini akan menguji apakah terdapat perbandingan antar *controller character animation* dengan menggunakan *marker AR* dan tombol.

Marker AR Controller

Tabel 2. Perform Animation Idela *Maker AR*

Perfm	CPU (%)	RAM (%)	DISK (%)
P 1	30,0	28,0	3,0
P 2	32,0	28,0	4,0
P 3	33,0	28,0	9,0
Rata	31,7	28,0	5,3

Tabel 3. Perform Animation Run *Maker AR*

Perfm	CPU (%)	RAM (%)	DISK (%)
P 1	31,0	28,0	4,0
P 2	30,0	28,0	0,0
P 3	29,0	28,0	3,0
Rata	30,0	28,0	2,3

Tabel 4. Perform Animation Jump *Maker AR*

Perfm	CPU (%)	RAM (%)	DISK (%)
P 1	32,0	26,0	5,0
P 2	31,0	26,0	6,0
P 3	28,0	28,0	3,0
Rata	30,3	26,7	4,7

Tabel 5. Perform Animation Walk *Maker AR*

Perfm	CPU (%)	RAM (%)	DISK (%)
P 1	32,0	26,0	4,0
P 2	31,0	28,0	6,0
P 3	30,0	28,0	0,0
Rata	31,0	27,3	3,3

Jika menggunakan *merker AR*, dapat dilihat bahwa prosentase penggunaan *processor* pada animasi ideal 31.7, run 30.0, jump 30.3 dan walk 31.0 jadi rata-rata prosentase penggunaan *processor* pada penggunaan *marker AR* adalah 30.8. Kemudian prosentase penggunaan *RAM* pada animasi ideal 28.0, run 28.0, jump 26.7 dan walk 27.3 jadi rata-rata prosentase penggunaan

RAM pada penggunaan *marker AR* adalah 27.5. Selain itu prosentase penggunaan *Disk* pada animasi ideal 5.3, run 2.3, jump 4.7 dan walk 3.3 jadi rata-rata prosentase penggunaan *disk* pada penggunaan *marker AR* adalah 3.9.

Button Controller

Tabel 6. Perform Animation Idela *Maker AR*

Perfm	CPU (%)	RAM (%)	DISK (%)
P 1	19,0	28,0	3,0
P 2	14,0	26,0	4,0
P 3	13,0	28,0	9,0
Rata	15,3	27,3	5,3

Tabel 7. Perform Animation Run *Maker AR*

Perfm	CPU (%)	RAM (%)	DISK (%)
P 1	13,0	28,0	1,0
P 2	14,0	26,0	0,0
P 3	11,0	28,0	4,0
Rata	12,7	27,3	1,7

Tabel 8. Perform Animation Jump *Maker AR*

Perfm	CPU (%)	RAM (%)	DISK (%)
P 1	10,0	28,0	4,0
P 2	12,0	26,0	0,0
P 3	13,0	26,0	0,0
Rata	11,7	26,7	1,3

Tabel 9. Perform Animation Walk *Maker AR*

Perfm	CPU (%)	RAM (%)	DISK (%)
P 1	11,0	26,0	2,0
P 2	13,0	26,0	0,0
P 3	12,0	26,0	0,0
Rata	12,0	26,0	0,7

Jika menggunakan *merker AR*, dapat dilihat bahwa prosentase penggunaan *processor* pada animasi ideal 15.3, run 12.7, jump 11.7 dan walk 12.0 jadi rata-rata prosentase penggunaan *processor* pada penggunaan *marker AR* adalah 12.9. Kemudian prosentase penggunaan *RAM* pada animasi ideal 27.3, run 27.3 jump 26.7 dan walk 26.0 jadi rata-rata prosentase penggunaan *RAM* pada penggunaan *marker AR* adalah 26.8. Selain itu prosentase penggunaan *Disk* pada animasi ideal 5.3, run 1.7, jump 1.3 dan walk 0.7

jadi rata-rata prosentase penggunaan *disk* pada penggunaan *marker AR* adalah 2.3.

Tabel 10. Rata-rata Prosesntase

Perfm	CPU (%)		RAM (%)		DISK (%)	
	M	T	M	T	M	T
Ideal	31.7	15.3	28,0	27.3	5.3	5.3
Run	30.0	12.7	28.0	27.3	2.3	1.7
Jump	30.3	11.7	26.7	26.7	4.7	1.3
Walk	31.0	12.0	27.3	26.0	3.3	0.7
Rata	30.8	12.9	27,5	26.8	3.9	2.3

Hasil dari pengukuran rata-rata penggunaan *sumberdaya* komputer, baik *processor*, *RAM* dan *disk* pada setiap *controller animation* terdapat perbedaan. Jika dilihat penggunaan *marker AR* prosentase penggunaan sumberdaya komputer lebih tinggi dibanding dengan penggunaan tombol. Hal ini dimungkinkan penggunaan *marker AR* selain menggunakan *mouse input* melibatkan perangkat input *camera* untuk mendeteksi marker, sedangkan penggunaan tombol hanya menggunakan perangkat *mouse input*. Hal ini mejadikan kinerja dari ketiga sumberdaya komputer tesebut menjadi meningkat.

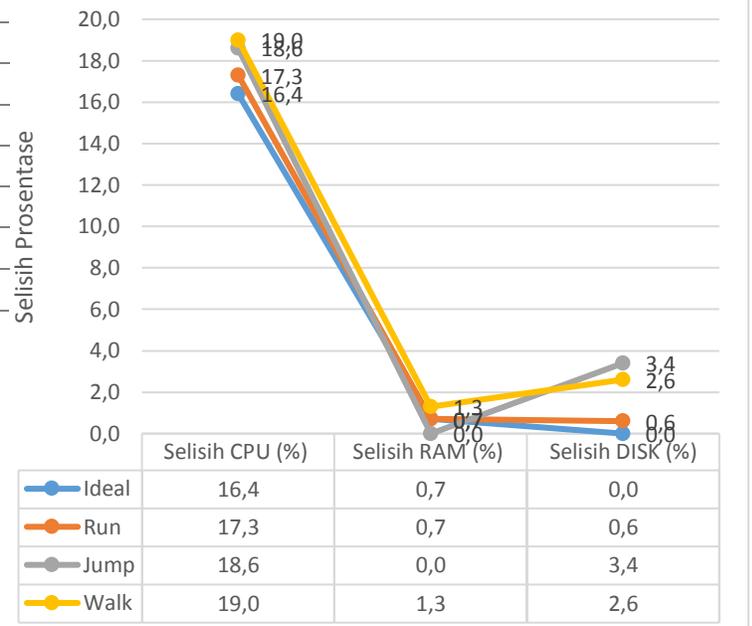
3.5 Evaluasi

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa terdapat perbedaan prosentase penggunaan sumberdaya komputer pada penggunaan *marker AR* dan Tombol, hal ini terjadi dimungkinkan karena perbedaan penggunaan perangkat input dalam *controller character animation*.

Tabel 11. Selisih Rata-rata Prosesntase

Perfm	Selisih CPU (%)	Selisih RAM (%)	Selisih DISK (%)
Ideal	16,4	0,7	0,0
Run	17,3	0,7	0,6
Jump	18,6	0,0	3,4
Walk	19,0	1,3	2,6
Rata	17,8	0,7	1,7

Diagram Selisih Prosentase



Gambar 10. Diagram Prosentase Selisih

Dapat dilihat bahwa pada penggunaan *processor* selisih tertinggi terdapat pada animasi *walk* sebanyak 19.0 %, kemudian selisih penggunaan *RAM* tertinggi adalah pada animasi *walk* sebanyak 1.3 %, dan selisih penggunaan *disk* tertinggi adalah pada animasi *jump* sebanyak 3.4 %.

Perbedaan selisih prosentase setiap animasi harus dikaji lebih lanjut, hal ini dikarenakan dalam penggunaan sumberdaya komputer dalam animasi berbeda-beda. Dalam hal ini dapat dilihat dari detail animasi, jumlah key frame dan jumlah frame dalam animasi atau bentuk pose dalam tiap key frame animasi.

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil dari implementasi *Marker AR* sebagai *Character Aniamtion Controller* adalah bahwa dengan menggunakan *marker AR*, *chracter animation* dapat dikontrol dengan baik pada lingkungan dunia nyata.

Sedangkan pada tahap evaluasi terdapat perbedaan prosentase penggunaan sumberdaya komputer. Hasil dari pengukuran rata-rata penggunaan *sumberdaya* komputer, baik *processor*, *RAM* dan *disk* pada setiap *controller animation* terdapat perbedaan. Jika dilihat

penggunaan *marker AR* prosentase penggunaan sumberdaya komputer lebih tinggi dibanding dengan penggunaan tombol. Hal ini dimungkinkan penggunaan *marker AR* selain menggunakan *mouse input* melibatkan perangkat input *camera* untuk mendeteksi marker, sedangkan penggunaan tombol hanya menggunakan perangkat *mouse input*. Hal ini menjadikan kinerja dari ketiga sumberdaya komputer tersebut menjadi meningkat.

Selain itu terdapat selisih prosentase pada tiap animasi, pada penggunaan *processor* selisih tertinggi terdapat pada animasi *walk* sebanyak 19.0 %, kemudian selisih penggunaan *RAM* tertinggi adalah pada animasi *walk* sebanyak 1.3 %, dan selisih penggunaan *disk* tertinggi adalah pada animasi *jump* sebanyak 3.4 %. hal ini dikarenakan dalam penggunaan sumberdaya komputer dalam animasi berbeda-beda.

Kajian berikutnya untuk melihat kembali komponen animasi yang akan diuji, yaitu dalam hal detail animasi, jumlah key frame dan jumlah frame dalam animasi atau bentuk pose dalam tiap key frame animasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Chia-Yen , Chen, Chang Bao Rong , dan Huang Po-Sen. 2014. "Multimedia augmented reality information system for museum guidance." *Personal and Ubiquitous Computing* (Springer London) 18 (2): 315-322 .
- Ismail, Ismahafezi, Faris A. Abubhashish, Syadiah Nor Wan Shamsuddin, Maizan Mat Amin, dan Mohd Kufaisal Mohd Sidik. 2018. "Joint Controller Method: Application in 3D Humanoid." *International Journal of Engineering & Technology* (Science Publishing Corporation Inc) 7: 17-20. doi:DOI: 10.14419/ijet.v7i2.14.11145.
- Jia, Jianqing, Yu Zhang, Xiaoce Wu, dan Wei Guo. 2018. "Image-Based Label Placement for Augmented Reality Browsers." *2018 IEEE 4th International Conference on Computer and Communications (ICCC)*. Chengdu, China, China: IEEE. doi:10.1109/CompComm.2018.8780965 .
- Kunkhet, Arus, Keattikorn Samarngoon, dan Ketsaraporn Maneejuk. 2019. "3D Character Modelling for K-Pop Dances: A Workflow Analysis." *International ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI-NCON)*. Nan, Thailand: 2019 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT-NCON). 45 - 49. doi:10.1109/ECTI-NCON.2019.8692264.
- Maulana, Much. Rifqi, dan Ichwan Kurniawan. 2019. "PENGARUH BANYAKNYA CHUNKS DAN PRIORITY RENDERANIMATION 3D TERHADAP WAKTU RENDER MENGGUNAKAN ANOVA ONE WAYDENGAN MENERAPKANPARALLEL COMPUTINGRENDER ENGIN." *IC-Tech Journal of Informatic Computer Technology* (P3M STMIK Widya Pratama) 47-60.
- Oliver, Bimber, dan Raskar Ramesh. 2005. *Spatial Augmented Reality*. Mitsubishi Electric Research Laboratory.
- Pan, Yen, dan Kenny Mitchell. 2020. "Group-Based Expert Walkthroughs: How Immersive Technologies Can Facilitate the Collaborative Authoring of Character Animation." *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*.

- Atlanta: IEEE. 188-195.
doi:10.1109/VRW50115.2020.00041.
- . 2020. "PoseMMR: A Collaborative Mixed Reality Authoring Tool for Character Animation." *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*. Atlanta: IEEE. 758-759.
doi:10.1109/VRW50115.2020.00230.
- Riwinoto, Riwinoto, dan Sonia All Risqi. 2018. "ANALYSIS MATRICE OPERATION EXPRESSION WITH FACIAL CHARACTER ON CONTROLLER POSITION." *Journal Of Applied Multimedia and Networking* (polibatam) 2: 6-18.
doi:https://doi.org/10.30871/jamn.v2i2.889.
- Rodkaew, Yodthong. 2019. "Physically-Based Modelling and Simulation of Track-based Main Battle Tank System for a realistic 3D Game." *2019 16th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*. Chonburi, Thailand.
doi:10.1109/JCSSE.2019.8864225.