Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)
Volume 8 Nomor 1, Tahun 2025
e-ISSN : 2614-1574
p-ISSN : 2621-3249

RIGGING REALITIES: A SYSTEMATIC STUDY ON 3D RIGGING FOR AUGMENTED REALITY BASED ON CHARACTER

REALITAS *RIGGING*: STUDI SISTEMATIS TENTANG *RIGGING* 3D UNTUK *AUGMENTED REALITY* BERDASARKAN KARAKTER

Suwandi[1], Jimmy Pratama[2], Deli[3]
Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Internasional Batam[1,2,3]
suwandi@uib.edu[1]

ABSTRACT

This study examines the process and impact of 3D character rigging in the context of augmented reality (AR), as well as how realistic character animation can be achieved through the application of advanced rigging techniques. With the growing use of AR in interactive and immersive environments, accurate 3D character rigging plays a crucial role in improving the user experience. This paper investigates the integration of AR technology with character rigging methods, analyzing the effectiveness of various rigging techniques in producing realistic movements in virtual and augmented spaces. The study also evaluates the challenges and opportunities presented by AR in the animation and gaming industry. Previous research has highlighted the importance of rigging for dynamic animation, with methodologies such as rigid body integration used for vehicle models in a 3D environment [3]. The main focus is on optimizing rigging for real-time performance in AR, ensuring that character movements remain smooth and responsive in interactive settings [2]. This research builds on existing studies that explore the role of 3D rigging in animation, as well as its potential for further development in augmented reality applications [9]. By analyzing traditional and cutting-edge techniques, this paper presents a comprehensive overview of 3D character rigging, its challenges, and its future prospects in augmented reality systems. By combining an interdisciplinary approach of computer graphics and human-computer interaction, this study also examines the application of rigging in virtual environments and its role in AR content creation [4]. This study identifies the key factors that contribute to the effectiveness of 3D character rigging for AR, with a particular focus on its implications for educational media and interactive applications [6]. The findings from this study are expected to provide valuable insights for developers and researchers working on AR applications, offering a new perspective on how 3D character rigging can be further improved and integrated into immersive technology.

***Keywords**: 3D Character Rigging, Augmented Reality (AR), Realistic Animation, Educational Media.*

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji proses dan dampak *rigging* karakter 3D dalam konteks *augmented reality* (AR), serta bagaimana animasi karakter yang realistis dapat dicapai melalui penerapan teknik *rigging* yang canggih. Dengan semakin berkembangnya penggunaan AR dalam lingkungan interaktif dan imersif, *rigging* karakter 3D yang akurat memainkan peran penting dalam meningkatkan pengalaman pengguna. Makalah ini menyelidiki integrasi teknologi AR dengan metode *rigging* karakter, menganalisis efektivitas berbagai teknik *rigging* dalam menghasilkan pergerakan yang realistis di ruang virtual maupun augmented. Penelitian ini juga mengevaluasi tantangan dan peluang yang disajikan oleh AR dalam industri animasi dan permainan. Penelitian sebelumnya menyoroti pentingnya *rigging* untuk animasi dinamis, dengan metodologi seperti integrasi tubuh kaku yang digunakan untuk model kendaraan dalam lingkungan 3D [3]. Fokus utama adalah mengoptimalkan *rigging* untuk kinerja real-time dalam AR, memastikan bahwa pergerakan karakter tetap lancar dan responsif dalam pengaturan interaktif [2]. Penelitian ini membangun atas studi yang ada yang mengeksplorasi peran *rigging* 3D dalam animasi, serta potensinya untuk pengembangan lebih lanjut dalam aplikasi *augmented reality* [9]. Dengan menganalisis teknik-teknik tradisional dan mutakhir, makalah ini menyajikan tinjauan komprehensif tentang *rigging* karakter 3D, tantangannya, dan prospek masa depannya dalam sistem *augmented reality*. Dengan menggabungkan pendekatan interdisipliner dari grafika komputer dan interaksi manusia-komputer, studi ini juga mengkaji penerapan *rigging* dalam lingkungan virtual dan perannya dalam pembuatan konten AR [4]. Penelitian ini mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang berkontribusi pada efektivitas *rigging* karakter 3D untuk AR, dengan fokus khusus pada implikasinya untuk media edukasi dan aplikasi interaktif [6]. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga bagi pengembang dan peneliti yang bekerja pada aplikasi AR, menawarkan perspektif baru tentang bagaimana *rigging* karakter 3D dapat lebih lanjut ditingkatkan dan diintegrasikan ke dalam teknologi imersif.

Kata Kunci:Jumlah Maksimal Lima Kata Dan Dipisah Dengan Koma.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi yang pesat telah membawa dampak besar pada berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam bidang hiburan, media sosial, kesehatan, dan penyiaran [5]. Salah satu penerapan teknologi informasi yang menonjol adalah *Augmented reality* (AR), yang mengintegrasikan elemen virtual dengan dunia nyata untuk menciptakan pengalaman interaktif yang imersif [11]. Penggunaan AR melibatkan berbagai elemen seperti animasi, model 3D, dan interaksi berbasis gerakan, yang semuanya bertujuan untuk meningkatkan kepuasan pengguna [9].

Dalam konteks ini, *rigging* karakter 3D memainkan peran penting dalam menciptakan karakter yang dapat bergerak secara alami di lingkungan AR. *Rigging* merupakan proses pembuatan kerangka atau "tulang" pada model 3D yang memungkinkan karakter untuk melakukan gerakan seperti berjalan, melompat, atau berbicara [3]. Proses ini juga melibatkan penambahan kontrol untuk mengatur gerakan karakter [6]. Namun, pentingnya *rigging* karakter sering kali kurang dipahami oleh banyak orang, terutama terkait pengaruh model karakter terhadap hasil akhir animasi. Setiap model karakter memiliki perbedaan unik dalam bentuk, proporsi, dan gaya, yang memengaruhi kompleksitas *rigging* serta hasil gerakan yang dihasilkan [1].

Masalah lainnya adalah kurangnya pemahaman umum tentang apa itu *rigging* dan bagaimana teknik ini berperan dalam menciptakan karakter 3D yang realistis dan interaktif. Dalam AR, di mana interaksi waktu nyata dan akurasi sangat penting, *rigging* yang tidak optimal dapat mengurangi kualitas pengalaman pengguna [4]. Selain itu, berbagai tantangan teknis seperti optimisasi waktu nyata, kompatibilitas dengan teknologi AR, dan kebutuhan akan animasi yang halus menjadi hambatan dalam pengembangan karakter 3D [8].

Penelitian ini tidak hanya mengkaji secara sistematis penerapan teknik *rigging* pada karakter 3D dalam lingkungan AR, tetapi juga membandingkan hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Misalnya, penelitian oleh Weidner et al. [10] lebih berfokus pada visualisasi avatar dalam AR dan VR melalui perangkat head-mounted, sementara penelitian ini mendalami aspek kontrol dan pergerakan karakter melalui *rigging*. Selain itu, penelitian Pantuwong [8] berfokus pada desain antarmuka karakter 3D dalam AR, sedangkan penelitian ini mengadopsi pendekatan sistematis untuk mengevaluasi efektivitas teknik *rigging* yang digunakan.

Dengan menganalisis berbagai teknik *rigging*, tantangan yang dihadapi, dan potensi pengembangannya, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru bagi pengembangan animasi karakter yang lebih baik. Penelitian ini juga menyoroti bagaimana perbedaan model karakter memengaruhi hasil *rigging* serta bagaimana AR dapat digunakan untuk meningkatkan sektor pendidikan dan hiburan melalui pengalaman interaktif yang lebih realistis [9].

Latar Belakang

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan. Teknologi ini tidak hanya berperan dalam mempermudah akses informasi, tetapi juga membuka peluang besar untuk menciptakan inovasi pembelajaran yang interaktif dan menarik [5]. Salah satu teknologi yang semakin berkembang adalah *Augmented reality* (AR), yang memungkinkan integrasi objek virtual dengan dunia nyata untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif. Teknologi ini memanfaatkan

animasi karakter 3D yang dapat diintegrasikan dalam aplikasi pendidikan untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep sulit.

Untuk menciptakan animasi yang realistis dan interaktif, diperlukan teknik 3D *rigging*, yaitu pemberian kerangka atau struktur tulang pada model 3D agar karakter dapat bergerak secara dinamis. Namun, *rigging* yang efektif sangat bergantung pada model karakter yang digunakan. Setiap jenis model baik itu manusia, hewan, atau objek lainnya memiliki kebutuhan *rigging* yang berbeda sesuai dengan anatomi dan bentuk tubuhnya. Karakter manusia, misalnya, membutuhkan struktur *rigging* yang lebih kompleks, sementara karakter seperti ular atau ikan memerlukan teknik yang lebih fleksibel agar gerakannya terlihat alami. Namun, pemahaman tentang bagaimana model karakter mempengaruhi teknik *rigging* masih kurang banyak dieksplorasi dalam literatur, terutama dalam konteks aplikasi pembelajaran berbasis AR.

Dalam konteks pendidikan, AR sering digunakan untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep yang sulit melalui visualisasi interaktif. Misalnya, penggunaan AR untuk simulasi sains, pemahaman anatomi, atau pembelajaran berbasis proyek, yang memungkinkan siswa tidak hanya melihat, tetapi juga berinteraksi dengan elemen visual secara langsung [7]. Teknologi ini juga dapat membantu memotivasi siswa dengan menghadirkan elemen permainan (gamifikasi) dalam pembelajaran, yang terbukti meningkatkan minat belajar dan retensi pengetahuan.

Salah satu aspek penting dalam pengembangan konten AR adalah animasi karakter 3D. Karakter ini sering digunakan dalam aplikasi pembelajaran untuk menyampaikan materi secara dinamis, seperti menunjukkan proses ilmiah, memberikan petunjuk, atau bahkan menstimulasikan peristiwa sejarah. Untuk menghasilkan animasi yang realistis dan menarik, diperlukan teknik 3D *rigging*, yaitu proses memberikan kerangka atau tulang pada model 3D agar dapat bergerak [3].

Teknik *rigging* ini sangat penting dalam dunia pendidikan karena karakter yang bergerak secara realistis dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa. Sebagai contoh, karakter animasi dapat digunakan untuk simulasi biologis seperti pergerakan otot manusia, atau untuk membantu siswa memahami bagaimana tubuh manusia bekerja melalui interaksi visual yang mendetail [9]. Namun, implementasi *rigging* yang tidak tepat dapat mengurangi kualitas animasi dan bahkan mengganggu proses belajar, karena gerakan yang tidak realistis dapat mengurangi fokus atau daya tarik siswa terhadap materi yang disampaikan [6].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan pentingnya *rigging* dalam menghasilkan animasi yang dinamis dan interaktif. Namun, kebanyakan penelitian lebih berfokus pada aspek teknis dalam pengembangan *rigging* untuk keperluan hiburan atau permainan, sementara implementasi *rigging* dalam pendidikan masih kurang dieksplorasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara mendalam penerapan 3D *rigging* dalam konteks pendidikan, terutama dalam menciptakan konten pembelajaran berbasis AR yang interaktif dan efektif.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat masalah utama yang mendasari penelitian ini, yaitu:

1. Pengaruh Model Karakter terhadap Teknik *Rigging*

Karakter dengan berbagai bentuk dan struktur anatomi memerlukan pendekatan *rigging* yang berbeda. Model karakter yang kompleks seperti manusia membutuhkan teknik *rigging* yang lebih detail, sedangkan karakter seperti ular atau ikan memerlukan pendekatan yang lebih fleksibel untuk mendukung gerakan alami mereka. Namun, pemahaman mendalam

mengenai bagaimana model karakter memengaruhi teknik *rigging* belum banyak dieksplorasi.

2. Kurangnya Standar *Rigging* untuk Beragam Model Karakter

Tidak semua pengembang animasi atau aplikasi AR memiliki panduan yang jelas tentang teknik *rigging* untuk karakter dengan anatomi yang berbeda. Hal ini dapat menyebabkan kualitas *rigging* yang tidak konsisten, sehingga memengaruhi kualitas animasi yang dihasilkan.

3. Minimnya Penelitian pada Penerapan *Rigging* untuk AR dalam Konteks Pendidikan

Sebagian besar penelitian terkait *rigging* berfokus pada penggunaannya dalam hiburan dan permainan. Padahal, dalam konteks pendidikan, pemahaman tentang bagaimana model karakter memengaruhi *rigging* dapat membantu menghasilkan animasi yang lebih relevan dan menarik untuk pengguna.

4. Kebutuhan untuk Menunjukkan Hubungan antara Model Karakter dan Efektivitas *Rigging*.

Rigging yang baik harus mempertimbangkan model karakter untuk menghasilkan gerakan yang realistis dan sesuai. Namun, belum ada banyak penelitian yang secara sistematis membahas hubungan antara jenis model karakter dan teknik *rigging* yang paling sesuai untuk masing-masing jenis karakter tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mnjawab permasalahan tersebut dengan fokus pada bagaimana model karakter (manusia, lebah, ular, kucing, dan ikan) memengaruhi teknik *rigging* yang diterapkan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan panduan yang lebih baik bagi pengembang animasi dan aplikasi AR untuk mengoptimalkan kualitas *rigging* sesuai dengan model karakter yang digunakan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian komparatif, yang bertujuan untuk membandingkan berbagai teknik dan pendekatan dalam *rigging* karakter 3D untuk *augmented reality* berdasarkan data yang diperoleh oleh penulis sendiri. Metode komparatif ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menganalisis dan membandingkan hasil dari berbagai teknik *rigging* yang diterapkan pada karakter 3D dalam lingkungan *augmented reality* (AR) guna menemukan pendekatan yang paling efisien dan efektif. Penelitian ini menggunakan metode komparatif untuk membandingkan efektivitas *rigging* pada empat model karakter 3D: manusia, lebah, ular, dan kucing. Data penelitian dihasilkan secara mandiri melalui proses desain *rigging*, Empat karakter dipilih untuk merepresentasikan variasi anatomi yang berbeda, yaitu:

1. Manusia: Karakter kompleks dengan banyak kontrol pada tulang, dan gerakan.
2. Lebah: Karakter kecil dengan fokus utama pada gerakan sayap dan kaki.
3. Ular: Karakter berbadan panjang yang memerlukan *spline* IK untuk gerakan melata.
4. Kucing: Karakter mamalia yang dinamis, dengan fleksibilitas tinggi pada tulang punggung, kaki, dan ekor.
5. Ikan: Karakter berbentuk *streamline* dengan gerakan yang didominasi oleh lengkungan tubuh dan sirip, memerlukan *rigging* berbasis *spline* untuk menghasilkan animasi renang yang *fluid* dan realistis.

Proses *Rigging*

Setiap karakter dirancang dan di-*rigging* menggunakan perangkat lunak 3D (seperti Blender). Langkah-langkah utama meliputi:

1. Pembuatan Skeleton: Membuat tulang dasar yang sesuai dengan anatomi karakter.
2. Pengujian Gerakan: Mengimplementasikan karakter dalam lingkungan AR untuk mengevaluasi performanya.

Kriteria Perbandingan

Keempat karakter dibandingkan berdasarkan:

1. Kompleksitas *Rigging*: Berapa banyak kontrol dan teknik yang diterapkan.
2. Realisme Gerakan: Kehalusan dan keakuratan gerakan sesuai anatomi.

Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh dengan:

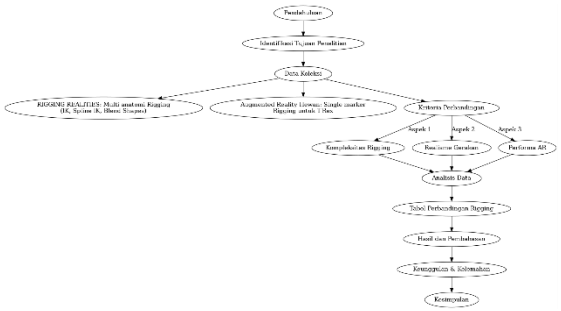
1. Pengamatan Langsung: Menganalisis performa karakter selama simulasi.
2. Pengujian Real-Time: Mengevaluasi respons animasi dalam aplikasi AR.
3. Dokumentasi Desain: Catatan teknis dari setiap proses *rigging*.

Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana *rigging* yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan kualitas animasi dan efektivitas aplikasi AR dalam konteks pendidikan, khususnya untuk membantu siswa memahami konsep tertentu secara visual dan interaktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Flowchart Penelitian Komparatif

Flowchart ini menyajikan langkah-langkah sistematika penelitian komparatif antara penelitian peneliti, yaitu "*Rigging Realities: A Systematic Study On 3d Rigging For Augmented reality Based On Character dan 'Augmented reality Sebagai Alat Pengenalan Hewan Purbakala*" dengan penelitian dari Meyti Eka Apriyani, yaitu: "*Augmented reality* sebagai Alat Pengenalan Hewan Purbakala dengan Animasi 3D menggunakan Metode Single Marker" Fokus penelitian adalah membandingkan teknik *rigging* karakter 3D yang digunakan. Berikut adalah flowchart penelitian komparatif:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tahapan dalam flowchart ini dimulai dengan Pendahuluan, yang berfungsi sebagai langkah awal dalam proses penelitian. Pada tahapan ini, tujuan penelitian dijabarkan secara jelas, yaitu untuk membandingkan dua studi terkait *rigging*, sebuah metode dalam animasi untuk memberikan kerangka gerakan pada karakter. Pendahuluan juga menyajikan konteks kedua studi yang akan dibandingkan, termasuk alasan pemilihan studi tersebut dan relevansi topik dalam perkembangan teknologi saat ini. Selanjutnya, pada tahap Data Koleksi, penelitian difokuskan pada pengumpulan data terkait *rigging* dari kedua studi yang telah ditentukan. Data ini dapat berupa metode *rigging*, parameter teknis yang digunakan, hasil implementasi, serta pendekatan yang berbeda dalam proses *rigging*. Proses pengumpulan data harus sistematis dan menyeluruh agar memberikan dasar yang valid untuk perbandingan di tahap selanjutnya. Setelah data terkumpul, langkah Identifikasi Kriteria Perbandingan dilakukan. Pada tahap ini, ditentukan kriteria yang akan digunakan untuk menilai kedua studi. Kriteria tersebut meliputi: kompleksitas *rigging*, yang menilai sejauh mana kerumitan sistem *rigging* yang diterapkan; realisme gerakan, yang mengevaluasi sejauh mana hasil *rigging* mampu menghasilkan gerakan yang alami dan mendekati realitas; serta performa di AR (*Augmented reality*), yang mengukur efektivitas *rigging* dalam lingkungan AR, terutama dari segi stabilitas, kecepatan, dan kualitas visual.

Berbekal data dan kriteria yang telah ditentukan, tahap Analisis Data dilakukan

dengan cara membandingkan kedua studi berdasarkan kriteria tersebut. Analisis ini mencakup evaluasi mendalam tentang bagaimana masing-masing studi menghadapi tantangan dalam *rigging*, sejauh mana keberhasilan mereka dalam memenuhi kriteria, serta perbedaan signifikan yang muncul. Hasil dari analisis ini kemudian dipaparkan dalam tahap Hasil dan Pembahasan. Di sini, keunggulan dan kelemahan dari masing-masing penelitian diuraikan dengan jelas. Keunggulan dapat mencakup metode inovatif yang lebih efisien atau realistis, sementara kelemahan bisa berupa keterbatasan dalam implementasi atau performa yang kurang optimal. Pembahasan ini juga mengeksplorasi faktor-faktor yang mempengaruhi hasil penelitian, seperti alat yang digunakan atau pendekatan teknis yang berbeda. Terakhir, pada tahap Kesimpulan, perbedaan signifikan antara kedua studi dirangkum dengan jelas, termasuk relevansi hasil penelitian terhadap bidang *rigging* dan teknologi AR secara keseluruhan.

Kesimpulan ini tidak hanya menjelaskan temuan utama, tetapi juga memberikan pandangan tentang implikasi penelitian serta potensi pengembangan di masa depan. *Rigging* adalah proses penting dalam pengembangan karakter 3D yang bertujuan memberikan struktur gerak pada model statis, sehingga memungkinkan animasi yang realistis dan dinamis. Dalam penelitian ini, empat jenis karakter manusia, lebah, ular, dan kucing, dipilih sebagai studi kasus. Pemilihan karakter didasarkan pada variasi anatomi yang unik, yang merepresentasikan tingkat kesulitan dan teknik *rigging* yang berbeda. Penelitian ini difokuskan untuk menunjukkan bagaimana model *rigging* yang dirancang dengan baik dapat memengaruhi kualitas animasi dan penerapannya, terutama dalam konteks pendidikan berbasis *augmented reality* (AR).

Rigging dan Relevansinya dalam Pendidikan

Dalam dunia pendidikan, animasi berbasis AR menawarkan cara inovatif untuk menyampaikan informasi kepada siswa. *Rigging* yang baik memastikan karakter dapat bergerak dengan mulus dan interaktif, sehingga meningkatkan pengalaman belajar pengguna. Sebagai contoh, karakter manusia dapat digunakan dalam pelatihan simulasi sosial, sementara karakter seperti lebah dan ular dapat membantu siswa memahami perilaku serangga dan reptil secara visual dan interaktif.

Rigging memengaruhi bagaimana karakter 3D merespons gerakan yang kompleks. Sebuah *rigging* yang buruk dapat menyebabkan animasi yang kaku atau tidak realistis, sehingga mengurangi nilai edukatif dari aplikasi AR. Sebaliknya, *rigging* yang optimal mampu menghasilkan animasi yang halus, memperkuat pemahaman siswa, dan membuat materi pembelajaran lebih menarik dan mudah dipahami [2][6].

Rigging Manusia

Rigging untuk karakter manusia merupakan salah satu tantangan yang paling umum dan kompleks dalam animasi 3D. Karakter manusia memiliki struktur anatomi yang detail, termasuk tulang, otot, dan persendian yang perlu di replikasi secara akurat agar menghasilkan gerakan yang alami. Pada penelitian ini, *rigging* manusia dilakukan dengan menambahkan tulang-tulang utama seperti tulang punggung, tangan, kaki, dan kepala, serta kontrol tambahan untuk ekspresi wajah.

Teknik ini diadaptasi dari metode yang dijelaskan dalam literatur [1][2], di mana gerakan seperti berjalan, berlari, dan gestur tangan dapat diimplementasikan dengan mengoptimalkan inverse kinematics (IK) untuk pergerakan anggota tubuh yang kompleks. Dalam konteks AR, *rigging* manusia sering digunakan untuk simulasi pendidikan atau aplikasi interaktif lainnya [6].

Tulang Punggung dan Tubuh

Struktur dasar *rigging* manusia dimulai dengan pembuatan tulang punggung dan tulang utama tubuh, seperti tulang leher, dada, pinggul, dan tulang ekstremitas (tangan dan kaki). Setiap bagian tubuh ini perlu diberi kontrol untuk memastikan pergerakan yang natural dan fleksibel.

Kontrol Punggung: Punggung manusia memiliki fleksibilitas yang tinggi, sehingga *rigging* harus memperhitungkan pergerakan ini, misalnya saat membungkuk atau melenturkan punggung.

Rotasi Tubuh: Pusat kontrol di bagian tubuh tengah (torso) penting untuk mengatur rotasi tubuh, terutama saat berputar atau membungkuk.

Tangan dan Jari

Salah satu aspek paling rumit dalam *rigging* manusia adalah *rigging* tangan dan jari. Tangan memiliki struktur yang kompleks dengan banyak sendi yang perlu diatur dengan hati-hati agar gerakannya terlihat natural dan dinamis.

Inverse Kinematics (IK) pada Tangan: Teknik IK digunakan untuk memastikan pergerakan tangan yang realistis. Ketika tangan bergerak, sistem IK memastikan bahwa sendi dan jari bergerak dengan benar mengikuti posisi tubuh.

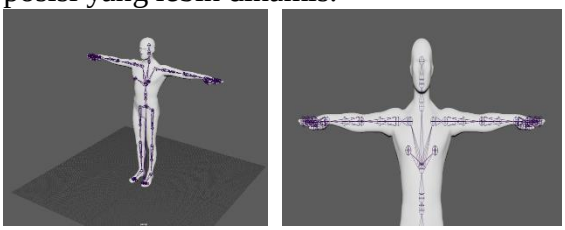
Kontrol Jari: Setiap jari tangan manusia perlu diberi kontrol terpisah agar dapat digerakkan dengan bebas, seperti saat menggenggam, menunjuk, atau membuka tangan.

Kaki dan Posisi Berdiri

Rigging kaki manusia memungkinkan gerakan berjalan, berlari, atau melompat. Struktur kontrol kaki sangat penting untuk menghasilkan pergerakan yang realistis, terutama ketika karakter berada dalam posisi berdiri, berjalan, atau berlari.

Inverse Kinematics (IK) pada Kaki: Teknik IK diterapkan pada kaki untuk memastikan bahwa kaki bergerak dengan mulus dan mengikuti gerakan tubuh dengan alami. Dengan IK, kaki dapat disesuaikan sesuai permukaan tanah atau posisi tubuh.

Posisi Berdiri: *Rigging* juga harus mengatur bagaimana karakter manusia bisa berdiri tegak atau bergerak dalam posisi yang lebih dinamis.



Gambar 2. *Rigging* manusia

***Rigging* Lebah**

Karakter lebah memerlukan pendekatan *rigging* yang berbeda karena morfologinya yang unik, yaitu tubuh kecil, sayap, dan enam kaki. *Rigging* dilakukan dengan menambahkan tulang-tulang kecil yang memungkinkan gerakan sayap yang cepat dan realistis. Sayap lebah di *rigging* dengan metode blend shapes untuk mengontrol deformasi yang terjadi selama animasi terbang.

Selain itu, kaki lebah dirancang dengan sistem inverse kinematics sederhana untuk memungkinkan gerakan seperti mendarat dan berjalan di permukaan . Penerapan *rigging* lebah dalam AR dapat digunakan untuk aplikasi edukasi yang mempelajari kehidupan serangga atau simulasi lingkungan ekologi.

Tulang Utama Tubuh (Torso):

Meskipun lebah memiliki tubuh kecil, bagian utama tubuhnya (torso) perlu diperlakukan dengan hati-hati untuk memberikan ruang bagi gerakan sayap dan kaki yang lincah. Biasanya, tubuh lebah dibagi menjadi beberapa bagian dengan kontrol tulang untuk memberikan fleksibilitas dalam pergerakan tubuh.

Sayap:

Sayap lebah merupakan elemen yang sangat penting dalam *rigging*. Untuk menciptakan animasi terbang yang realistis, sayap biasanya diberikan kontrol terpisah untuk setiap bagian, seperti sayap

depan dan sayap belakang. Teknik *rigging* sayap melibatkan:

Bone-driven control: Setiap sayap dibagi menjadi beberapa bagian dengan kontrol tulang untuk setiap bagian sayap. Ini memungkinkan gerakan sayap yang kompleks seperti ayunan cepat dan gerakan naik-turun saat terbang.

Inverse Kinematics (IK): Digunakan untuk memberikan pergerakan terkontrol saat sayap bergerak. Teknik IK membantu mengatur jarak antar tulang sayap untuk menghasilkan gerakan yang mulus dan realistis.

Kaki:

Kaki lebah terdiri dari tiga pasang kaki, dan setiap pasang kaki dapat berfungsi secara independen. Kaki depan digunakan untuk berjalan dan mencengkeram permukaan, sementara kaki tengah dan belakang membantu lebah terbang dan menstabilkan tubuh saat berada di udara.

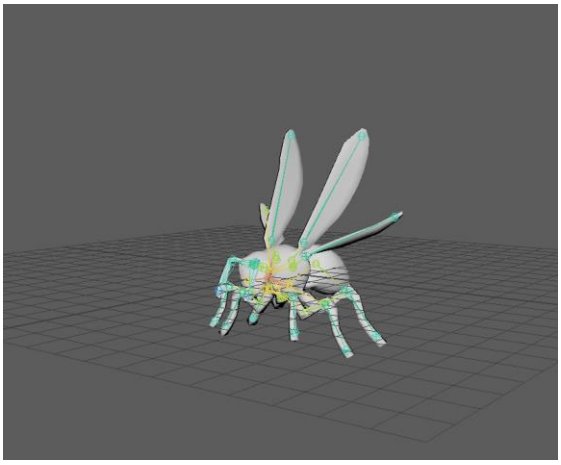
Kontrol Gerakan Tangan dan Kaki: Gerakan cakar atau kaki yang melengkung saat lebah berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya bisa diatur dengan kontrol yang sesuai.

Antena dan Kepala:

Bagian kepala lebah, termasuk antena, harus diatur agar bergerak dengan luwes sesuai dengan pergerakan tubuh. Antena lebah yang bergerak dapat menggambarkan kepekaan terhadap lingkungan sekitar. Biasanya, kepala memiliki kontrol untuk rotasi dan pergerakan ringan.

Bone-based *rigging*: Bagian kepala diberikan beberapa kontrol untuk pergerakan ringan dan ekspresi wajah.

Kontrol Antena: Antena lebah sering diberi kontrol terpisah untuk memungkinkan pergerakan seiring dengan pergerakan tubuh, untuk memberi kesan interaktif saat terbang atau beristirahat.



Gambar 3. *Rigging* lebah

***Rigging* Ular**

Karakter ular memiliki morfologi tubuh yang memanjang tanpa anggota tubuh, sehingga *rigging* dilakukan dengan fokus pada gerakan tubuh yang fleksibel dan realistis. Teknik *rigging* ular melibatkan penempatan tulang-tulang kecil secara berurutan di sepanjang tubuhnya, sehingga memungkinkan gerakan melingkar atau melata.

Dalam penelitian ini, digunakan teknik spline IK yang memungkinkan tubuh ular untuk bergerak mengikuti lintasan yang ditentukan. Teknik ini terbukti efektif dalam memberikan hasil animasi yang mulus, seperti yang dijelaskan dalam literatur

Gambar 3. *Rigging* ular

***Rigging* Kucing**

Rigging untuk karakter kucing memerlukan perhatian khusus pada anatomi tubuh mamalia, termasuk tulang punggung yang lentur, kaki dengan struktur digitigrade (berjalan di jari-jari), dan ekor yang dapat bergerak bebas. *Rigging* kucing dilakukan dengan menambahkan kontrol untuk gerakan ekor, telinga, dan wajah, yang memungkinkan animasi ekspresi emosi yang kompleks.

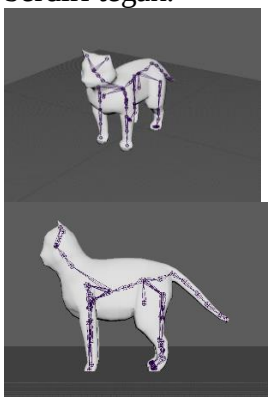
Teknik IK digunakan untuk kaki kucing, sedangkan pergerakan ekor dikendalikan dengan menggunakan spline IK untuk menciptakan gerakan yang halus. Kucing juga memerlukan kontrol khusus pada bahu dan punggung untuk menghasilkan gerakan melompat dan berlari yang realistis.

Tulang Punggung dan Kaki:

Salah satu aspek penting dari *rigging* kucing adalah pembuatan kontrol yang memungkinkan gerakan punggung yang fleksibel. Kucing sering kali melenturkan punggungnya saat melompat atau berlari, jadi *rigging* ini harus memberikan kontrol yang halus dan responsif. Kontrol tambahan diperlukan pada setiap kaki untuk memastikan gerakan berjalan atau berlari yang alami.

Ekor:

Ekor kucing memiliki banyak tingkat fleksibilitas dan ekspresi, sehingga membutuhkan kontrol *rigging* yang lebih banyak. Setiap bagian dari ekor dapat bergerak secara independen, dari pangkal hingga ujung, untuk memberikan animasi yang lebih ekspresif, seperti mengibas atau berdiri tegak.



Gambar 5. *Rigging* kucing

***Rigging* ikan**

Rigging ikan memiliki fokus utama pada gerakan tubuh yang fluid dan natural, mencerminkan pola renang yang khas di air. Struktur *rigging* ikan biasanya terdiri dari:

Tulang Utama Tubuh:

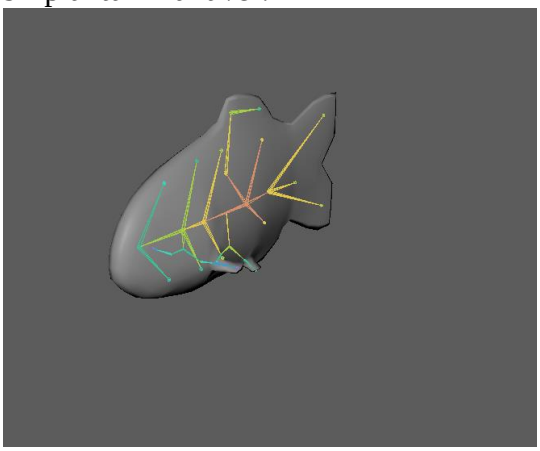
Tulang utama sepanjang tubuh ikan digunakan untuk menciptakan gerakan melengkung dari kepala ke ekor. Gerakan ini meniru cara ikan berenang dengan mengayunkan tubuhnya dari sisi ke sisi.

Ekor:

Ekor memiliki kontrol *rigging* tambahan untuk menghasilkan daya dorong utama saat berenang. Teknik spline IK sering digunakan untuk memastikan gerakan yang halus dan berulang.

Sirip:

Sirip ikan seperti sirip punggung, dada, dan perut memiliki kontrol *rigging* individual untuk menciptakan animasi seperti melipat, mengepak, atau membuka sirip untuk manuver.



Gambar 5. *Rigging* ikan

Implementasi dalam *Augmented reality*

Keempat karakter ini diuji dalam lingkungan AR untuk mengevaluasi efektivitas *rigging* dalam menciptakan interaksi yang imersif dan realistis. *Rigging* manusia digunakan untuk simulasi interaksi sosial, *rigging* lebah diaplikasikan dalam edukasi lingkungan, ular digunakan untuk pembelajaran zoologi, dan kucing digunakan dalam aplikasi hiburan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa teknik *rigging* yang dirancang sesuai dengan anatomi masing-masing karakter mampu meningkatkan kualitas animasi dan pengalaman pengguna dalam AR. Studi sebelumnya juga mendukung bahwa penggunaan *rigging* yang tepat sangat

penting untuk menciptakan animasi yang responsif dan akurat dalam konteks AR .

Analisa

Proses *rigging* untuk karakter 3D dalam konteks *Augmented reality* (AR) merupakan aspek penting yang memengaruhi kualitas dan keefektifan interaksi pengguna dengan dunia virtual. *Rigging* karakter yang akurat dan dinamis menjadi kunci dalam menciptakan pengalaman AR yang realistis dan imersif.

Dalam penelitian ini, empat karakter dengan anatomi yang berbeda, yaitu manusia, lebah, ular, Ikan dan kucing, telah dipilih untuk dianalisis, dengan fokus pada teknik *rigging* yang diterapkan pada masing-masing karakter. Analisis berikut ini akan membahas tantangan serta potensi pengembangan teknik *rigging* dalam konteks AR.

***Rigging* Manusia**

Rigging manusia merupakan salah satu yang paling kompleks karena melibatkan struktur tubuh yang sangat rinci. Setiap sendi, tulang, dan otot pada karakter manusia perlu diatur dengan akurat untuk memastikan pergerakan yang alami, terutama dalam aplikasi AR yang membutuhkan interaksi real-time.

Tantangan *Rigging* Manusia: Proses *rigging* untuk karakter manusia mencakup pembuatan kontrol untuk tulang punggung, tangan, kaki, dan wajah. Tantangan utama dalam *rigging* manusia adalah bagaimana menghasilkan gerakan yang fleksibel namun tetap realistis, misalnya dalam pergerakan tangan dan jari. Teknik inverse kinematics (IK) sering digunakan untuk mengoptimalkan pergerakan tubuh manusia, memastikan bahwa karakter bergerak secara alami.

***Rigging* Lebah**

Rigging untuk karakter lebah lebih menantang karena karakter ini memiliki tubuh kecil dan pergerakan sayap yang rumit. Gerakan sayap lebah harus sangat dinamis untuk mereplikasi gerakan yang realistis, yang memerlukan *rigging* tambahan untuk memastikan kedinamisan dalam pergerakan sayap dan tubuh.

Tantangan *Rigging* Lebah: Sayap lebah memiliki gerakan yang sangat cepat dan kompleks. Oleh karena itu, kontrol yang lebih detail diperlukan untuk memastikan sayap bergerak sesuai dengan pergerakan tubuh dan lingkungan AR. Selain itu, kaki lebah juga perlu diatur untuk mendukung posisi tubuh lebah dalam keadaan terbang atau merayap.

***Rigging* Ular**

Rigging ular memerlukan pendekatan yang berbeda karena tubuh ular yang panjang dan fleksibel. Gerakan ular di dunia nyata melibatkan pergerakan melata yang membutuhkan sistem *rigging* spline inverse kinematics (IK) untuk memastikan pergerakan tubuh ular yang alami dan responsif.

Tantangan *Rigging* Ular: Tubuh ular yang sangat fleksibel harus mampu menanggapi gerakan yang terkoordinasi sepanjang tubuh. *Rigging* ular memerlukan kontrol lebih lanjut di sepanjang tubuh untuk mengatur kelenturan dan arah gerakan yang tepat.

***Rigging* Kucing**

Karakter kucing memiliki tantangan *rigging* yang unik karena fleksibilitas tubuhnya yang tinggi. Kucing memiliki kemampuan untuk bergerak dengan lincah dan gesit, dengan gerakan ekor, kaki, dan tubuh bagian tengah yang sangat dinamis. *Rigging* pada kucing perlu mempertimbangkan pergerakan tubuh yang cepat dan ekspresif.

Tantangan *Rigging* Kucing: *Rigging* ekor, kaki, dan punggung kucing sangat krusial karena karakter ini sering bergerak dengan lincah dan fleksibel. Selain itu, pergerakan tubuh bagian depan dan belakang harus disesuaikan agar bisa meniru gerakan alami kucing saat berlari, melompat, atau beristirahat.

***Rigging* Ikan**

Rigging ikan memerlukan pendekatan khusus karena tubuh ikan yang terhubung secara seragam. Gerakan ikan saat berenang membutuhkan kontrol yang sangat terperinci agar dapat menciptakan gerakan ekor, sirip, dan tubuh yang realistis di dalam air atau di lingkungan virtual.

Tantangan *Rigging* Ikan: *Rigging* ikan membutuhkan penyesuaian yang cermat pada sirip dan ekor untuk memungkinkan gerakan berenang yang mulus. Selain itu, pergerakan tubuh ikan harus sangat sinkron dengan sirip agar dapat menciptakan gerakan yang terlihat alami saat berenang.

SIMPULAN

Dari hasil analisis terhadap lima karakter 3D, seperti manusia, lebah, ular, kucing, dan ikan dapat disimpulkan bahwa meskipun setiap karakter memiliki anatomi dan pergerakan yang berbeda, dasar dari teknik *rigging* yang digunakan tetap sama. Perbedaan utama terletak pada penyesuaian dan optimasi kontrol *rigging* untuk mencocokkan kebutuhan gerakan dan fleksibilitas masing-masing karakter. Pada intinya, *rigging* adalah proses dasar yang menyusun kerangka karakter 3D agar dapat dianimasikan dengan gerakan yang realistis. Meskipun struktur anatomi dan jenis gerakan setiap karakter (seperti gerakan sayap pada lebah, tubuh fleksibel pada ular, atau gerakan cepat pada kucing) membutuhkan teknik khusus, dasar-dasar *rigging* seperti penggunaan inverse kinematics (IK), kontrol tulang, dan sistem spline tetap digunakan.

Oleh karena itu, teknik *rigging* dapat diterapkan secara fleksibel untuk berbagai jenis karakter, meskipun perbedaan bentuk dan gerakan tetap mempengaruhi cara *rigging* tersebut diimplementasikan. Dengan demikian, meskipun karakter memiliki kebutuhan unik terkait *rigging*, prinsip dasar *rigging* tetap konstan, dan modifikasi hanya dilakukan untuk menyesuaikan gerakan spesifik yang diperlukan oleh tiap karakter. Ini menunjukkan pentingnya pemahaman teknik *rigging* yang mendalam, yang memungkinkan penerapan yang lebih luas dalam berbagai jenis karakter, terutama dalam teknologi *augmented reality* (AR).

DAFTAR PUSTAKA

Aprianto, H. D., Suyanto, M., & Purwanto, A. (2023). Efektivitas *Rigging* Pada Aset Karakter Animasi 3d. *Jipi (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 8(3), 857-863. Doi: 10.29100/Jipi.V8i3.3988

Aryanto, S., Utami, E., & Sofyan, A. F. (2018). *Implementasi Rigid Body Pada Rigging Terhadap Animasi Dinamis Model Kendaraan Tiga Dimensi.* Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol, 10(1), 77-88. Doi: 10.28989/Angkasa.V10i1.216

Bhattacharjee, S., & Chaudhuri, P. (2020, May). *A Survey On Sketch-Based Content Creation: From The Desktop To Virtual And Augmented reality. In Computer Graphics Forum* (Vol. 39, No. 2, Pp. 757-780). Doi: 10.1111/Cgf.14029

Bhattacharjee, S., & Chaudhuri, P. (2020, May). *A Survey On Sketch-Based Content Creation: From The Desktop To Virtual And Augmented reality. In Computer Graphics Forum* (Vol. 39, No. 2, Pp. 757-780). Doi: 10.1111/Cgf.14029

Elisabeth, D. M. (2019). Kajian Terhadap Peranan Teknologi Informasi Dalam Perkembangan Audit Komputerisasi (Studi Kajian Teoritis). Methomika: *Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi*, 3(1), 40-53. Https://Doi.Org/10.46880/Jmika.Vol3no1.Pp40-53

Fadzil, M. Z. M., & Noor, N. A. Z. M. (2023). Mengintegrasikan *Augmented reality* Dalam Pembelajaran Bentuk 2d Dan 3d. *Journal Of Engineering, Technology, And Applied Science*

(Jetas), 5(1), Doi: 12-22.10.36079/Lamintang.Jetas-0501.500

Hidayah, N., Damayanti, F. P., Hidayah, I. N., Ainiyah, K., Fadila, J. N., & Nugroho, F. (2020). Rancang Bangun Film Animasi 3d Sejarah Terbentuknya Kerajaan Samudra Pasai Menggunakan Software Blender. *Jiska (Jurnal Informatika Sunan Kalijaga)*, 5(3), 164-176. Doi: 10.14421/Jiska.2020.53-04

Pantuwong, N. (2016, October). A Tangible Interface For 3d Character Animation Using *Augmented reality* Technology. In 2016 8th International Conference On Information Technology And Electrical Engineering (Icitee) (Pp. 1-6). Ieee. Doi: 10.1109/Iciteed.2016.7863297

Satriawan, A., & Apriyani, M. E. (2016). Analisis Dan Pembuatan *Rigging* Karakter 3d Pada Animasi 3d "Jangan Bohong Dong". *Jurnal Teknik Informatika*, 9(1) Doi: 10.15408/Jti.V9i1.5580

Weidner, F., Boettcher, G., Arboleda, S. A., Diao, C., Sinani, L., Kunert, C., ... & Raake, A. (2023). A Systematic Review On The Visualization Of Avatars And Agents In Ar & Vr Displayed Using Head-Mounted Displays. *Ieee Transactions On Visualization And Computer Graphics*. Doi: 10.1109/Tvcg.2023.3250207

Wiharto, A., & Budihartanti, C. (2017). Aplikasi Mobile *Augmented reality* Sebagai Media Pembelajaran Pengenalan Hardware Komputer Berbasis Android. *Prosisko: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 4(2) Https://E-Jurnal.Lppmunsera.Org/Index.Php/Prosisko/Article/View/387

Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta. Https://Inlislite.Uin-Suska.Ac.Id/Opac/Detail-Opac?Id=22862

Lua, X., Deng, Z., Luo, J., Chen, W., Yeung, S.-K., & He, Y. (2015). *3d Articulated Skeleton Extraction Using A Single Consumer-Grade Depth Camera. Computer Vision And Image Understanding*, 139, 1-15. Https://Doi.Org/10.1016/J.Cviu.2015.04.008

Tierny, J., Vandeborre, J.-P., & Daoudi, M. (2006). *3d Mesh Skeleton Extraction Using Topological And Geometrical Analyses. Computer-Aided Design*, 38(10), 1076-1091.

Bhattacharjee, S., & Chaudhuri, P. (2020). *A Survey On Sketch-Based Content Creation: From The Desktop To Virtual And Augmented reality*. Eurographics 2020, 39(2), 531-550. Https://Doi.Org/10.1111/Cgf.14024

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). *A Systematic Review Of Immersive Virtual Reality Applications For Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, And Research Agenda.* Computers & Education, 147, 103778. Https://Doi.Org/10.1016/J.Compedu.2019.103778

Weidner, F., Boettcher, G., Arevalo Arboleda, S., Diao, C., Sinani, L., Kunert, C., Gerhardt, C., Broll, W., & Raake, A. (2023). *A Systematic Review On The Visualization Of Avatars And Agents In Ar & Vr Displayed Using Head-Mounted Displays. Proceedings Of Ieee Virtual Reality Conference.* Https://Doi.Org/10.1109/Tvcg.2023.3247072

Baran, I., & Popović, J. (2007). *Automatic Rigging And Animation Of 3d Characters. Proceedings Of The Acm Siggraph Conference*.

Bharaj, G., Thormühlen, T., Seidel, H.-P., & Theobalt, C. (2012).

Automatically Rigging Multi-Component Characters. Eurographics 2012, P. Cignoni, T. Ertl (Guest Editors), 95-104.

Sorkine, O., Baran, I., Kavan, L., & Popović, J. (2009). Automatic Skinning Transformations. Acm Transactions On Graphics (Tog), 28(3), Article 39. Https://Doi.Org/10.1145/1531326.1531334

Pratscher, M., Coleman, P., Laszlo, J., & Singh, K. (2005). *Outside-In Anatomy Based Character Rigging. Eurographics/Acm Siggraph Symposium On Computer Animation*, 141-150.

Aprianto, H. D., Suyanto, M., & Purwanto, A. (2023). Efektivitas *Rigging* Pada Aset Karakter Animasi 3d. *Jipi: Jurnal Ilmiah Pendidikan Informatika*, 8(3), 857-863. Https://Doi.Org/10.29100/Jipi.V8i3.3988

Elisabeth, D. M. (2019). Kajian Terhadap Peranan Teknologi Informasi Dalam Perkembangan Audit Komputerisasi (Studi Kajian Teoretis). *Ethomika: Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi*, 3(1), 40-53. Https://Doi.Org/10.46880/Jmika.Vol3no1.Pp40-53

Fadzil, M. Z. M., & Noor, N. A. Z. M. (2023). Mengintegrasikan *Augmented reality* Dalam Pembelajaran Bentuk 2d Dan 3d. *Journal Of Engineering, Technology & Applied Science*, 5(1), 12-22. Https://Doi.Org/10.36079/Lamintang.Jetas-0501.500