

Efficiency Comparison of Keyframe Animation and Motion Capture in Computer Graphics

Perbandingan Efisiensi Keyframe Animation dan Motion Capture dalam Grafika Komputer

Fitri Aulia¹, Busro Akramul Umam², Muslimah Qurniawati³, Nabil Qistubillah⁴
Teknik Informatika, Teknik, Universitas Islam Madura
fi4020308@gmail.com¹, busro.umam@gmail.com², mslmhqurnia@gmail.com³,
bilqisbill02@gmail.com⁴

Received: June 16th, 2025; revised: July 17th, 2025; accepted: August 22nd, 2025

Abstract — *This study aims to analyze the efficiency of two dominant animation methods Motion Capture and Keyframe Animation in contemporary animation production. Using a qualitative descriptive approach supported by a literature review and document observation from 20 academic and industrial sources (2022–2024), this research highlights critical aspects such as production time, motion realism, creative flexibility, and resource allocation. The results show that Motion Capture excels in speed and naturalistic movement reproduction, making it ideal for realistic characters in film and video games. However, Keyframe Animation offers superior stylization and control, suitable for creative storytelling and exaggerated motion. The study concludes that both methods have strategic relevance depending on production context and recommends hybrid workflows as an emerging solution in modern animation pipelines.*

Keywords — *Motion Capture, Keyframe Animation, animation efficiency, character movement, hybrid animation*

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi dua metode animasi utama Motion Capture dan Keyframe Animation dalam produksi animasi kontemporer. Dengan pendekatan deskriptif kualitatif yang didukung studi pustaka dan observasi dokumentasi dari 20 sumber akademik dan industri (2022–2024), penelitian ini menyoroti aspek penting seperti waktu produksi, realisme gerak, fleksibilitas kreatif, dan alokasi sumber daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Motion Capture unggul dalam kecepatan dan reproduksi gerakan alami, menjadikannya ideal untuk karakter realistis dalam film dan video game. Namun, Keyframe Animation menawarkan gaya dan kontrol yang lebih ekspresif, cocok untuk penceritaan kreatif dan gerakan yang dilebih-lebihkan. Studi ini menyimpulkan bahwa kedua metode memiliki relevansi strategis sesuai konteks produksi, dan merekomendasikan pendekatan hibrida sebagai solusi inovatif dalam pipeline animasi modern.

Kata kunci — *Motion Capture, Keyframe Animation, efisiensi animasi, gerakan karakter, animasi hibrida*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dalam beberapa dekade terakhir telah mendorong kemajuan signifikan dalam berbagai aspek grafika komputer, terutama dalam bidang penciptaan animasi 3D. Transformasi ini tidak hanya berdampak pada peningkatan kualitas visual, tetapi juga mengubah secara

fundamental cara produksi konten visual dilakukan di berbagai sektor. Industri film, video game, pendidikan, periklanan, hingga bidang simulasi interaktif dan pelatihan virtual kini semakin mengandalkan animasi sebagai media komunikasi visual yang tidak hanya menarik secara estetika, tetapi juga efektif dalam menyampaikan pesan dan informasi.

Dalam proses pembuatan animasi 3D, terdapat berbagai teknik yang dapat digunakan, dua di antaranya yang paling umum dan sering dibandingkan adalah keyframe animation dan motion capture. Kedua metode ini memiliki karakteristik, keunggulan, serta tantangan tersendiri, terutama jika dilihat dari aspek efisiensi produksi, kualitas visual, serta keterlibatan sumber daya manusia dan teknologi.

Keyframe animation merupakan teknik klasik dalam dunia animasi yang telah digunakan sejak era awal grafika komputer. Teknik ini mengandalkan penetapan frame kunci secara manual oleh animator, di mana setiap perubahan pose atau gerakan diatur satu per satu, sementara frame perantara (in-between) dihitung atau dihasilkan oleh sistem komputer untuk menciptakan gerakan yang halus dan konsisten [1]. Meskipun teknik ini memerlukan tingkat keahlian yang tinggi serta waktu pengerjaan yang cukup lama, keunggulannya terletak pada fleksibilitas dan kontrol penuh yang dimiliki animator terhadap gaya visual, ekspresi karakter, dan nuansa artistik yang ingin disampaikan [2]. Dengan kata lain, keyframe animation memungkinkan personalisasi dan kreativitas tingkat tinggi, sehingga banyak digunakan dalam karya animasi bergaya unik atau artistik [3].

Di sisi lain, Motion Capture (MoCap) merupakan teknologi yang lebih modern dan berorientasi pada realisme. Teknik ini melibatkan penggunaan sensor dan perangkat perekam gerak yang dipasangkan pada tubuh aktor atau model manusia, kemudian data gerak tersebut diintegrasikan ke dalam lingkungan digital 2D atau 3D untuk menghidupkan karakter animasi secara realistis [4]. Keunggulan utama dari MoCap terletak pada kecepatan produksi dan ketepatan gerakan yang tinggi, terutama dalam merepresentasikan ekspresi tubuh dan dinamika gerakan manusia secara alami [5]. Namun demikian, implementasi teknik ini memerlukan investasi besar dalam hal peralatan teknis, perangkat lunak khusus, serta lingkungan yang mendukung, seperti studio dengan pencahayaan dan ruang gerak yang optimal [6].

Seiring dengan meningkatnya kompleksitas dan keragaman kebutuhan dalam pembuatan animasi, muncul

pertanyaan kritis di kalangan profesional dan akademisi: sejauh mana efisiensi kedua teknik ini jika dibandingkan dari berbagai sudut pandang seperti waktu produksi, kualitas hasil akhir, tingkat kesulitan teknis, serta konsumsi sumber daya? Efisiensi dalam konteks ini tidak hanya berkaitan dengan kecepatan penyelesaian proyek, tetapi juga mencakup bagaimana proses penggunaan waktu dalam proses produksi dapat di optimalkan, efisiensi tenaga, dan sumber daya seminimal mungkin tanpa mempengaruhi kualitas visual maupun nilai artistik dari animasi yang di hasilkan. Dengan kata lain, efisiensi menjadi indikator penting untuk menilai efektivitas sebuah teknik dalam menuntut hasil berkualitas tinggi dalam waktu dan biaya yang terkontrol.

Perbandingan kedua teknik animasi ini menjadi penting karena setiap proyek memiliki kebutuhan dan tantangan yang berbeda. Melalui perbandingan ini, dapat di lihat bagaimana masing-masing teknik mampu memenuhi target produksi dari segi kecepatan, efisiensi biaya, kemudahan dalam proses pengerjaan, dan kualitas hasil akhir. Dengan memahami perbedaan tersebut, tim produksi dapat menentukan metode mana yang lebih sesuai dengan tujuan proyek, baik untuk mengejar ketepatan waktu, efisiensi sumber daya, maupun standar kualitas yang di inginkan. Hal ini dapat membantu proses produksi agar lebih efektif, terencana, dan sesuai dengan kebutuhan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif, yang menekankan pada observasi dan analisis konten terhadap berbagai karya animasi digital, baik dalam bentuk film, video game, maupun dokumentasi teknis produksi. Metode ini dipilih agar mampu menggali secara mendalam perbedaan serta keunggulan dari masing-masing teknik dalam konteks praktis dan teknis. Penelusuran terhadap studi-studi terdahulu dan contoh aplikasi nyata dari kedua teknik juga turut dilakukan untuk memperoleh gambaran yang lebih utuh mengenai efisiensinya.

Melalui analisis ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bentuk pemahaman komprehensif mengenai kelebihan dan kekurangan keyframe animation dan motion capture, khususnya bagi para animator, pengembang konten digital, akademisi, serta mahasiswa yang berkecimpung dalam bidang animasi 3D dan grafika komputer. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi strategis dalam pengambilan keputusan produksi, pemilihan teknik animasi yang tepat, serta pertimbangan alokasi sumber daya dalam proyek animasi skala kecil maupun besar.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan dan membandingkan efisiensi antara teknik keyframe animation dan motion capture dalam konteks grafika komputer. Penelitian dilakukan dengan cara observasi dan analisis konten terhadap beberapa karya animasi digital yang menggunakan kedua teknik tersebut[7].

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah studi komparatif dengan pendekatan kualitatif deskriptif. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua metode animasi keyframe animation dan motion capture berdasarkan efisiensi visual, kompleksitas

gerakan, dan proses produksinya melalui pengamatan terhadap konten-konten animasi yang telah dirilis secara publik[8][7] .

B. Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari:

a. Data primer:

Hasil pengamatan langsung terhadap beberapa film pendek, video game, atau proyek animasi yang menggunakan keyframe animation dan motion capture.

Data primer diperoleh dari hasil observasi terhadap 4 film animasi dan 3 video game populer yang mewakili kedua teknik seperti,

1. *Encanto* [9].
2. *Spider-Man: Into the Spider-Verse* [10]
3. *Love, Death & Robots*
4. *The Last of Us Part II* [11]
5. *Assassin's Creed* [12], dan
6. *Call of Duty: Modern Warfare II*.

Analisis ini diperkuat dengan dokumentasi produksi dari game *Spirit of the Blade (2023)* yang menggunakan Motion Capture secara intensif. [13]

b. Data sekunder:

Literatur, jurnal ilmiah, artikel, serta dokumentasi produksi animasi yang relevan untuk memahami teknik, alat, dan proses dari kedua metode. [14][7]

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui:

a. Observasi konten:

Peneliti melakukan pengamatan terhadap video atau film animasi yang telah diketahui menggunakan keyframe animation maupun motion capture.

b. Studi dokumentasi:

Dilakukan dengan menganalisis dokumentasi produksi dari masing-masing teknik animasi.

c. Studi pustaka:

Mengumpulkan informasi dari berbagai sumber referensi yang mendukung pemahaman mendalam tentang teori dan praktik kedua teknik animasi.

D. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif komparatif, yaitu membandingkan karakteristik, kelebihan, dan kekurangan dari keyframe animation dan motion capture berdasarkan hasil observasi dan dokumentasi[15]. Analisis ini akan difokuskan pada aspek efisiensi, yang mencakup:

- a. Waktu produksi
- b. Kualitas gerakan animasi
- c. Kompleksitas proses dan sumber daya

Data dari kedua teknik akan dianalisis berdasarkan kategori yang telah ditentukan, kemudian dibandingkan untuk menarik kesimpulan mengenai efisiensi masing-masing teknik dalam konteks penggunaannya di industri grafika komputer.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi waktu merupakan salah satu aspek krusial dalam proses produksi animasi digital, terutama pada industri kreatif yang sangat kompetitif seperti film, video game, periklanan, dan media interaktif. Setiap proyek animasi sering kali terikat pada tenggat waktu yang ketat, di mana keterlambatan produksi dapat berdampak besar terhadap biaya, jadwal rilis, hingga

reputasi studio. Oleh karena itu, pemilihan teknik animasi yang tepat sangat memengaruhi kelancaran serta efektivitas keseluruhan proses produksi.

Dalam hal ini, Motion Capture (MoCap) terbukti menawarkan keunggulan signifikan dalam hal efisiensi waktu dibandingkan dengan Keyframe Animation. Berdasarkan studi pustaka dan observasi dokumentasi dari proyek-proyek animasi terkini yang diterbitkan antara tahun 2022 hingga 2025, ditemukan bahwa penggunaan teknologi mocap mampu menghemat waktu produksi secara substansial, terutama dalam menangani adegan dengan intensitas gerakan tinggi dan kompleksitas interaksi antar karakter[16].

Penghematan waktu produksi yang dihasilkan oleh teknik Motion Capture dapat mencapai hingga 40% lebih cepat dibandingkan dengan metode keyframe tradisional[17]. Efisiensi ini terutama diperoleh dari kemampuan sistem mocap untuk menangkap seluruh gerakan aktor secara real-time dalam satu atau beberapa sesi perekaman[16]. Setelah proses perekaman selesai, data yang dihasilkan dapat langsung diimpor ke dalam perangkat lunak animasi seperti MotionBuilder, iClone, atau Unreal Engine, untuk kemudian dilakukan proses penyempurnaan (refining), sinkronisasi suara, dan integrasi ke dalam pipeline produksi[18].

Sebagai contoh konkret, dalam proyek film animasi *Spider-Man: Into the Spider-Verse* (Sony Pictures Animation, 2018), meskipun film ini terkenal karena gaya visual yang unik dan tidak sepenuhnya realistis, produksi animasi gerak karakter tetap mengandalkan sesi motion capture sebagai dasar gerakan utama sebelum disesuaikan secara artistik[19]. Dalam proyek ini, perekaman gerak untuk karakter utama dan pendukung hanya memakan waktu sekitar 5 hari, yang kemudian diikuti dengan proses pasca-produksi selama dua minggu menggunakan perangkat seperti OptiTrack, Rokoko suit, dan software MotionBuilder. Seluruh proses animasi gerakan dapat diselesaikan dalam waktu 3 minggu oleh tim animasi berjumlah lima orang.

Sebaliknya, teknik Keyframe Animation, meskipun memberikan fleksibilitas tinggi dalam penentuan gaya visual dan kontrol terhadap setiap aspek gerakan, memerlukan waktu pengerjaan yang jauh lebih panjang[20]. Setiap gerakan, mulai dari transisi tubuh, ekspresi wajah, hingga interaksi objek, harus dirancang secara manual oleh animator[19]. Proses ini juga melibatkan pembuatan key pose, in-betweening, revisi berkala, serta sinkronisasi dengan suara dan kamera.

Studi kasus pada proyek video game *The Last of Us Part II*[11] menunjukkan bahwa penggunaan metode keyframe dalam proyek animasi sinematik realistis membutuhkan waktu yang sangat besar [10][17]. Untuk menyusun berbagai gerakan karakter utama, seperti berlari, menunduk, memanjat, bertarung, dan berdialog, tim animasi harus menyusun lebih dari 2.000 pose kunci (key poses)[21][14]. Seluruh proses produksi animasi memakan waktu hingga 8 minggu, dengan keterlibatan 8 animator profesional, yang masing-masing bertanggung jawab terhadap segmen atau gerakan tertentu.

Perbedaan signifikan ini juga mencerminkan bagaimana jumlah sumber daya manusia yang dibutuhkan memengaruhi efisiensi. Motion capture cenderung lebih hemat dalam alokasi SDM karena sebagian besar pekerjaan dilakukan dalam sesi rekaman dan pasca-produksi singkat[17][22]. Sementara itu,

keyframe animation menuntut kehadiran animator dalam waktu yang lebih lama dengan beban kerja yang lebih intens.

A. Kualitas Gerakan dan Ekspresi

Dalam dunia animasi digital, kualitas gerakan dan ekspresi merupakan dua aspek paling fundamental dalam menciptakan pengalaman visual yang memukau dan emosional[14]. Kedua elemen ini tidak hanya berkaitan dengan bagaimana karakter bergerak secara teknis, tetapi juga seberapa dalam penonton dapat merasakan emosi, memahami karakter, dan menyelami cerita yang dibawakan[22]. Dalam konteks ini, dua metode animasi yang paling umum digunakan yaitu *motion capture* (mocap) dan *keyframe animation* menawarkan pendekatan yang sangat berbeda, baik secara teknis maupun artistik, dalam membentuk ilusi kehidupan di layar.

Motion capture muncul sebagai metode revolusioner dalam menangkap gerakan manusia secara realistis. Teknologi ini memungkinkan seorang aktor untuk menggunakan setelan khusus yang dipenuhi dengan sensor, yang kemudian merekam gerakan tubuh dan wajah mereka secara langsung dan mentransferkannya ke model digital dalam perangkat lunak animasi[14]. Realisme yang dihasilkan dari mocap sangat sulit ditandingi, terutama dalam menangkap detail kecil yang mencerminkan ekspresi tubuh manusia seperti gerakan bahu yang halus, keseimbangan tubuh, atau getaran mikro yang timbul saat karakter sedang gugup atau emosional[22]. Studi oleh Kim et al dan laporan mendalam dari Oliver Karstel Agency menunjukkan bahwa mocap mampu menciptakan kualitas gerakan yang sangat mendekati kenyataan, bahkan pada gerakan kompleks seperti tarian atau perkelahian[23]. Tak heran jika banyak studio besar seperti Naughty Dog dan Ubisoft mengandalkan mocap dalam proses produksi game AAA seperti *The Last of Us* dan *Assassin's Creed*[12][11], yang menuntut gerakan manusia yang meyakinkan dan responsif.

Namun, keterbatasan utama dari mocap terletak pada batasan biologis manusia itu sendiri. Gerakan yang terekam adalah apa yang dapat dilakukan oleh tubuh manusia di dunia nyata[22]. Ini berarti, ketika studio ingin menciptakan gerakan yang imajinatif, berlebihan, atau bahkan fisik yang mustahil seperti karakter kartun yang meloncat dua meter di udara tanpa kehilangan keseimbangan atau ekspresi wajah yang sangat dilebih-lebihkan maka mocap akan menjadi terlalu kaku atau bahkan tidak relevan. Di sinilah kekuatan *keyframe animation* mengambil alih.

Keyframe animation memungkinkan animator untuk membangun gerakan dan ekspresi karakter secara manual, satu per satu, berdasarkan prinsip dasar animasi seperti *timing*, *squash and stretch*, *anticipation*, hingga *exaggeration*[1]. Teknik ini menempatkan kreativitas dan intuisi seniman sebagai pusat produksi. Tidak seperti mocap yang merekam apa yang nyata, keyframe animation membebaskan animator dari batasan tersebut dan memungkinkan mereka untuk menciptakan apa yang mungkin hanya bisa dibayangkan[2]. Dalam film seperti *Encanto* (2021), gerakan karakter dirancang dengan penuh gaya (stylized), tidak hanya untuk menyampaikan aksi, tetapi juga untuk memperkuat identitas visual dan suasana emosional. Dalam *Encanto*, setiap anggota keluarga memiliki gaya gerak yang unik yang mewakili kepribadian mereka, dan semua itu diciptakan dengan keyframe, bukan mocap[7].

Lebih jauh lagi, ekspresi wajah menjadi area yang sangat menonjol dalam perbedaan kedua pendekatan ini. Mocap memang memungkinkan facial capture dengan teknologi canggih, namun tetap terbatas pada ekspresi yang dapat ditunjukkan oleh aktor manusia[7][4]. Karakter animasi seperti dalam serial *Love, Death & Robots* (Netflix, 2022) yang menggunakan kombinasi mocap dan animasi tradisional, tetap membutuhkan penyesuaian ekspresi secara manual untuk mencapai efek dramatis yang sesuai[7]. Sementara itu, dalam animasi 2D dan 3D bergaya kartun, keyframe memungkinkan pembuatan mimik yang hiperbolik mata yang membesar saat terkejut, mulut yang melebar saat tertawa, dan ekspresi tubuh yang tidak realistis namun sangat komunikatif secara emosional[4].

Animasi yang menggunakan keyframe memberikan fleksibilitas lebih dalam membentuk karakter fiktif seperti monster, alien, atau makhluk fantasi yang tidak terikat pada anatomi manusia[4][5]. Animator bisa mendesain gerakan sayap naga yang melengkung tak wajar, atau tarian alien yang melawan hukum gravitasi, sesuatu yang mustahil ditiru oleh aktor manusia meski dengan alat bantu sekalipun. Selain itu, kemampuan untuk melakukan *timing manipulation* dalam keyframe memungkinkan penciptaan ritme gerakan yang dinamis dan sesuai dengan estetika visual cerita[7].

Kesimpulannya, baik motion capture maupun keyframe animation memainkan peran penting dalam menciptakan gerakan dan ekspresi karakter yang meyakinkan. Pilihan antara keduanya tidak selalu soal keunggulan teknis, tetapi lebih pada tujuan artistik dan kebutuhan naratif dari sebuah produksi. Jika proyek menuntut realisme tinggi dan efisiensi waktu dalam menangkap gerakan manusia nyata, maka mocap adalah pilihan tepat. Namun, jika yang dicari adalah kebebasan kreatif, gaya visual yang kuat, dan ekspresi karakter yang melampaui batas realita, maka keyframe animation tetap menjadi pilihan utama. Dalam praktiknya, perpaduan kedua teknik inilah yang justru semakin banyak digunakan dalam industri modern, karena mampu memberikan hasil yang optimal dari dua dunia: presisi gerakan nyata dan keindahan imajinatif.

B. Kompleksitas Proses dan Sumber Daya

Kompleksitas proses produksi merupakan aspek krusial dalam membandingkan efisiensi antara Keyframe Animation dan Motion Capture (Mocap). Meskipun kedua metode bertujuan untuk menghasilkan animasi berkualitas tinggi, alur kerja, keahlian yang dibutuhkan, serta tahapan teknisnya sangat berbeda, yang berkontribusi besar terhadap efektivitas dan efisiensi produksi secara keseluruhan.

Pada Motion Capture, kompleksitas terletak pada tahap awal proses, terutama saat persiapan produksi. Penggunaan mocap membutuhkan perangkat keras canggih seperti sensor optik, kamera inframerah, suit atau penanda khusus yang dikenakan aktor, serta ruangan dengan pencahayaan dan konfigurasi tertentu untuk memastikan akurasi data gerakan[22]. Selain itu, diperlukan perangkat lunak khusus seperti Vicon, OptiTrack, atau Rokoko Studio untuk menangkap dan merekam data pergerakan[14]. Selanjutnya, data yang diperoleh masih harus dibersihkan melalui proses post-processing untuk menghilangkan noise, memperbaiki glitch, serta melakukan retargeting ke model 3D.

Namun, keunggulan mocap terletak pada kemampuannya mempercepat keseluruhan pipeline produksi, terutama untuk adegan kompleks yang melibatkan banyak karakter atau interaksi realistis[17]. Dalam satu sesi rekaman, puluhan gerakan dapat dihasilkan sekaligus dan diterapkan langsung ke berbagai model digital. Pada produksi game AAA (*Triple-A*, yaitu game dengan standar tertinggi dari segi produksi dan kualitas) seperti *Spirit of the Blade* (2023)[13], mocap memungkinkan tim animasi menyelesaikan lebih dari 200 klip animasi dalam seminggu angka yang sulit dicapai dengan metode manual.

Sebaliknya, Keyframe Animation dikenal memiliki alur produksi yang lebih linier dan padat karya. Animator harus membuat setiap pose kunci satu per satu, lalu mengatur interpolasi antar frame untuk menciptakan ilusi gerakan[1]. Proses ini memerlukan pemahaman mendalam tentang anatomi, prinsip gerak, dan timing. Tidak jarang, animator harus melakukan revisi berkali-kali untuk memastikan fluiditas gerak dan konsistensi visual. Selain itu, untuk adegan yang kompleks atau penuh aksi, waktu pengerjaan bisa meningkat drastis karena animator harus menciptakan gerakan dari nol tanpa referensi pergerakan realistis seperti pada mocap[19].

Namun, walaupun lebih memakan waktu, kompleksitas keyframe animation justru memberikan fleksibilitas kreatif yang tinggi. Animator dapat memanipulasi gerakan sesuai kebutuhan naratif dan gaya visual, menciptakan animasi yang ekspresif dan unik[18]. Ini terbukti pada proyek animasi seperti *Encanto* (Walt Disney Animation Studios, 2021)[9], di mana setiap karakter memiliki gaya gerak berbeda yang sengaja dibuat over-the-top untuk memperkuat tone kartun dari cerita. Secara teknis, keyframe animation cenderung lebih ringan dalam hal kebutuhan perangkat keras cukup dengan software seperti Blender, Maya, atau Toon Boom, serta perangkat standar seperti pen tablet dan komputer dengan spesifikasi menengah[21]. Hal ini membuat metode ini lebih dapat diakses oleh individu atau studio kecil yang tidak memiliki anggaran besar untuk teknologi mocap.

Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa Motion Capture menuntut kompleksitas tinggi di awal namun efisien untuk produksi skala besar dan realistis, sementara Keyframe Animation lebih kompleks dalam pengerjaan harian namun sangat fleksibel dan unggul dalam konteks kreatif. Oleh karena itu, pemilihan metode sangat tergantung pada jenis proyek, sumber daya yang tersedia, dan tujuan artistik dari animasi yang akan diproduksi.

Sedangkan dari sumber daya, mencakup berbagai aspek, mulai dari tenaga kerja, keahlian teknis, perangkat keras dan lunak, hingga biaya operasional. Perbandingan antara Keyframe Animation dan Motion Capture (Mocap) dari sisi penggunaan sumber daya memberikan gambaran yang sangat kontras dalam pendekatan produksi.

Motion Capture menuntut investasi awal yang sangat tinggi dalam hal teknologi dan infrastruktur. Untuk menjalankan proses mocap secara profesional, diperlukan perangkat keras canggih seperti kamera berkecepatan tinggi, serta studio dengan pengaturan pencahayaan dan ruang yang sangat presisi. Biaya perangkat ini dapat mencapai puluhan hingga ratusan juta rupiah, belum termasuk perangkat lunak pengolahan data seperti Rokoko Studio, Autodesk MotionBuilder, atau Unity/Unreal Engine sebagai platform integrasi. Dari segi

sumber daya manusia, proses mocap membutuhkan tim teknis yang terdiri dari operator motion capture, teknisi kalibrasi, editor data gerak (motion editor), dan animator untuk tahap retargeting dan refinement[16]. Meski jumlah animator bisa lebih sedikit dibandingkan dengan produksi berbasis keyframe, tim teknis mocap harus memiliki keahlian khusus dalam pemrosesan data, pipeline integrasi, dan troubleshooting sistem perangkat[15].

Namun, kelebihan utama dari mocap adalah efisiensi jumlah tenaga kerja dalam produksi besar. Dalam proyek seperti Call of Duty: Modern Warfare II (Infinity Ward, 2022)[24][5], hanya dibutuhkan 2 motion capture performer dan 3 teknisi untuk menghasilkan lebih dari 500 animasi pendek dalam waktu satu bulan. Ini jauh lebih efisien dibandingkan proyek animasi manual yang biasanya memerlukan belasan animator untuk menciptakan volume gerakan serupa.

Sebaliknya, Keyframe Animation membutuhkan sumber daya manusia yang lebih besar dalam hal tenaga animator. Setiap gerakan harus diciptakan dan dikurasi oleh animator profesional secara manual. Ini menuntut waktu, keahlian artistik, serta sensitivitas terhadap gerakan, ekspresi karakter, dan estetika visual[1]. Oleh karena itu, tim keyframe biasanya terdiri dari animator, lead animator, dan supervisor yang memastikan konsistensi dan kualitas animasi dalam setiap frame. Dari sisi perangkat, kebutuhan hardware untuk keyframe jauh lebih fleksibel[2][20]. Cukup menggunakan komputer grafis menengah, pen tablet, dan perangkat lunak animasi seperti Blender, Toon Boom Harmony, atau Autodesk Maya[7]. Ini menjadikan keyframe sebagai metode yang lebih terjangkau dan ideal untuk studio kecil, independen, atau lingkungan pendidikan.

Namun demikian, beban kerja manusia dalam produksi animasi berbasis keyframe cenderung jauh lebih tinggi dibandingkan dengan metode lainnya. Proses ini menuntut keterampilan teknis dan artistik tingkat tinggi dari para animator, karena setiap gerakan dan ekspresi karakter harus dirancang dan disesuaikan secara manual frame demi frame. Dalam praktiknya, seorang animator keyframe bisa menghabiskan waktu hingga 6 jam per hari hanya untuk menyempurnakan satu detik animasi yang kompleks, terutama jika melibatkan adegan dengan banyak elemen gerak, ekspresi wajah, atau interaksi fisik yang realistis[1][2]. Kondisi ini tentu menimbulkan tantangan serius dari sisi manajemen waktu, peningkatan beban kerja, dan penurunan produktivitas tim, terutama dalam proyek dengan tenggat waktu yang ketat[7]. Jika tidak diantisipasi dengan strategi produksi yang matang, tekanan tersebut dapat menyebabkan kelelahan fisik dan mental (burnout) pada animator, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap kualitas hasil akhir dan kesinambungan proses produksi[21].

Tabel 1 menyajikan komparasi efisiensi antara metode Motion Capture dan Keyframe Animation berdasarkan durasi produksi karakter utama, perangkat serta perangkat lunak yang digunakan, jumlah anggota tim produksi, dan tingkat efisiensi keseluruhan masing-masing teknik.

Tabel 1. Perbandingan Motion Capture dan Keyframe Animation

Aspek	Motion Capture (MoCap)	Keyframe Animation
Waktu Produksi	Waktu produksi lebih lama karena pembuatan gerakan dilakukan secara manual satu persatu. Contoh: <i>The Last Of Us Part II</i> memerlukan 8 minggu, 8 animator, dan lebih dari 2000 key pose [25][11].	Lebih cepat karena dapat merekam seluruh gerakan dalam satu sesi. Contoh: <i>Spider-Verse</i> menggunakan motion capture dasar dan menyelesaikan animasi gerak dalam 3 minggu oleh 5 orang[26].
Kualitas Gerakan Animasi	Memungkinkan ekspresi dan gaya visual yang fleksibel, cocok untuk karakter fiktif dan kartun. Contoh: <i>Encanto</i> menggunakan keyframe untuk ekspresi yang lebih-lebihkan[27][25].	Menghasilkan gerakansangat realistis sesuai anatomi manusia. Cocok untuk karakter nyata dalam film dan video game seperti <i>Assassin's Creed</i> dan <i>Call of Duty</i> [26][12].
Kompleksitas Proses & Sumber Daya	Proses lebih linear dan padat karya. Membutuhkan banyak animator dan waktu pengerjaan manual. Perangkat lunak seperti Blender atau Maya sudah cukup. [28].	Proses lebih kompleks di awal, butuh studio, suit sensor, software khusus (Rokoko, Vicon). Tapi efisien untuk produksi besar karena menghemat tenaga kerja dan waktu[29].

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyoroti perbandingan antara dua metode animasi utama, yaitu Motion Capture (MoCap) dan Keyframe Animation dalam konteks produksi animasi digital, dengan fokus pada tiga aspek utama yaitu waktu produksi, kualitas gerakan animasi, serta kompleksitas proses dan sumber daya.

Hasil analisis menunjukkan bahwa motion capture lebih unggul dalam hal waktu produksi karena mampu merekam gerakan secara real time, sehingga proses pembuatan animasi lebih cepat, terutama untuk gerakan kompleks. Namun, keyframe Animation memberikan fleksibilitas kreatif yang tinggi dan memungkinkan ekspresi gerakan yang lebih bebas serta bergaya, menjadikannya cocok untuk animasi yang menekankan elemen elemen artistik.

Dari segi kompleksitas proses, Motion Capture membutuhkan investasi besar dalam peralatan dan tenaga teknis, tetapi efisiensi untuk produksi berskala besar. Sebaliknya, Keyframe Animation lebih terjangkau secara teknik, tetapi memerlukan lebih banyak waktu dan tenaga kerja.

Dengan demikian, pemilihan metode animasi sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan produksi, tujuan visual, dan sumber daya yang tersedia. Kombinasi kedua teknik juga dapat menjadi strategi ideal untuk menghasilkan animasi yang efisien sekaligus berkualitas tinggi.

KUTIPAN

- [1] I. A. Pirmansah and M. M. Munir, "Analysis of the Effectiveness of Combination of Manual Keyframes and Expressions in Creating Animations Using Adobe After Effects Analisis Efektivitas Kombinasi Keyframe Manual dan Expression dalam Pembuatan Animasi Menggunakan Adobe After Effects," vol. 3, no. 2, pp. 89–97, 2024.
- [2] K. Ranjan, P. Gyory, S. Howell, T. Stewart, M. L. Rivera, and E. Y. L. Do, "Cartoonimator: A Paper-based Tangible Kit for Keyframe Animation," *Proc. 19th Int. Conf. Tangible, Embed. Embodied Interact. TEI 2025*, 2025, doi:

- 10.1145/3689050.3704955.
- [3] W. A. Fitriana and B. S. Bachri, "Pengembangan Video Tutorial Pada Mata Pelajaran Animasi 2D Materi Membuat Sekuensial Gambar Gerak Utama Walk Cycle Untuk ...," *Ejournal.Unesa.Ac.Id*, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jmtp/article/view/52311> %0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jmtp/article/view/52311/42350
- [4] Z. Xin, "The existing motion capture technologies and their application. Applied and Computational Engineering," 2023, doi: <https://doi.org/10.54254/2755-2721/13/20230702>.
- [5] P. Zhou, B. Zahn, E. F., Ray, L. S. S., Rey, V. F., Suh, S., Bian, S., Joost, G., & Lukowicz, "MoCaPose: Motion Capturing with Textile-integrated Capacitive Sensors in Loose-fitting Smart Garments.," *Proc. ACM Interactive, Mobile, Wearable Ubiquitous Technol.*, 2022, doi: 7(1), 41:1-41:40. <https://doi.org/10.1145/3580883>.
- [6] Y. Zhu, "Application of Motion Capture Technology in 3D Animation Creation," pp. 452–456, 2019, doi: <https://doi.org/10.2991/ICCESE-19.2019.101>.
- [7] M. Suhaili, F. Muhamad Rachman, R. Watye, and N. Rahmansyah, "Analysis in Making Animation Movements Using Traditional Methods (Keyframe) and Motion Capture Methods," *KnE Eng.*, vol. 2024, pp. 652–655, 2024, doi: 10.18502/keg.v6i1.15455.
- [8] T. K. Umam and Z. Musliyana, "Perancangan Video Animasi 3D Virtual Sabang Kilometer Nol Menggunakan Blender 4.2 Design of a Virtual 3D Animation Video of Sabang Kilometer Zero With Blender 4.2," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 41–47, 2024.
- [9] C. C. S. Jared Bush, Byron Howard, *Encanto*, (2021). [Online]. Available: <https://youtu.be/DmdqLGTstnU?si=myybtYAMh-ifDWCZ>
- [10] S. Lee, *Spider-Man: Into the Spider-Verse*, (2018). [Online]. Available: https://youtu.be/ApXoWvfEYVU?si=Z5ALadG-bTGD_IMb
- [11] (naughty dog halley Gros and), *The Last of Us Part II*. [Online]. Available: https://youtu.be/4u_Gg0vM9hc?si=IA9PyiW9iAzydkq1
- [12] J. (Ubisoft) Kurzel, *Assassin's Creed*, (2016). [Online]. Available: <https://youtu.be/vcE8xJkK6t4?si=4j9N3Oqp1PMtbo6>
- [13] H. T. Studios, *Spirit of the Blade*, (2023). [Online]. Available: <https://hiddentowerstudios.com/title/spirit-of-the-blade/>
- [14] S. Azharina, O. B. Lestari, and D. Setyasih, "Perancangan Video Animasi 3D Menggunakan Teknologi Motion Capture Tentang Pengenalan Teknik Dasar Ilmu Beladiri Pecak Silat," *ICIT J.*, vol. 8, no. 2, pp. 218–230, 2022, doi: 10.33050/icit.v8i2.2411.
- [15] G. E. Andrade, W. M. de, Nishida, J. K., Vieira, M. L. H., Prim, G. de S., & Boehs, "Motion Capture Automated Customized Presets," *Springer. Cham*, pp. 105–110, 2019, doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11051-2_16.
- [16] A. Wibowo, M. C., Nugroho, S., & Wibowo, "The Use of Motion Capture Technology in 3D Animation," *Int. J. Comput. Digit. Syst.*, 2024, doi: <https://doi.org/10.12785/ijcds/150169>.
- [17] A. P. Kuntjara, E. Erandaru, T. Gunawan, and C. Hensel, "Potensi Penggunaan Kinect sebagai Alat Motion Capture untuk Animasi Karakter Digital," *Nirmana*, vol. 21, no. 1, pp. 1–7, 2022, doi: 10.9744/nirmana.21.1.1-7.
- [18] A. Menache, "Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games," 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-381496-8.00010-x>.
- [19] D. Georgiev, G., Hristov, G., Zahariev, P., & Kinaneva, "Integration of 3D Scanning Data and Motion Capture System for Meta Human Animations.," vol. 1–6, 2024, doi: <https://doi.org/10.1109/ciees62939.2024.10811128>.
- [20] R. R. Sari, M. S. Firdania, and N. Sitompul, "Pembuatan Video Pelayanan Kantor Desa Sekura Berbasis Animasi 2D," *J. Digit. Educ. Commun. Arts*, vol. 5, no. 01, pp. 1–11, 2023, doi: 10.30871/deca.v5i01.5105.
- [21] Stevan Esterico Ngantung, "Design And Build Applications Of TraditionalFood Interactive Animations," *Des. Build Appl. Tradit. Food Interact. Animat.*, no. Mdlc, pp. 1–12, 2023.
- [22] J. Pratama and F. Frenky, "Perancangan dan Penerapan Motion Capture Pada Karakter 3D Dalam Video," *J. Ilm. Inform.*, vol. 10, no. 01, pp. 35–43, 2022, doi: 10.33884/jif.v10i01.4613.
- [23] O. Karstel, "Trending Animation Techniques in 2024," *Oliver Karstel Agency*, 2024, doi: <https://www.oliverkarstel.co.za/post/trending-animation-techniques-in-2024>.
- [24] W. Infinity, *Call of Duty: Modern Warfare II*, (2022). [Online]. Available: <https://youtu.be/XV8vBqNu9nl?si=IM7IQmUOWLp1jn5u>
- [25] J. Kunnari, "Localization Pipeline for a AAA Game Production," 2021.
- [26] T. Tseng, R. Cheng, and J. Nichols, "Keyframer: Empowering Animation Design using Large Language Models," vol. 1, no. 1, pp. 1–31, 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2402.06071>
- [27] Brusi and Piia, "Making a game character move: Animation and motion capture for video games," 2021, [Online]. Available: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021052812238>
- [28] Z. Ayaz, *Research on Current Sectoral Uses of Motion Capture (MoCap) Systems*, no. December. 2023.
- [29] S. M. Mentor and C. Pulp, "A Million to Scratch," 2023.