

Penerapan Natural User Interface Berbasis Skeleton Tracking Kinect V2 pada Game Casual untuk Meningkatkan Interaktivitas dan Engagement Pemain

Weli Andrian^{*1}, Salamun², Rafli Rohikal³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Abdurrah

e-mail: ^{*1}weli@univrab.ac.id, ²salamun@univrab.ac.id, ³rafli.rohikal21@student.univrab.ac.id

Abstract – *The advancement of motion sensing technology has enabled more natural interaction between players and digital games. Microsoft Kinect is a motion sensing device that utilizes depth camera and skeleton tracking to detect human body movements in real time without the need for physical controllers. This study aims to integrate Kinect-based skeleton tracking as the primary player control mechanism in a casual coin-catching game and to evaluate its impact on player interactivity and engagement. The game was developed using Unity and implemented Kinect v2 to track body movements, which were mapped to in-game object control. The research employed an experimental method involving system development, accuracy testing of skeleton tracking, and user experience evaluation through player testing. The results indicate that skeleton tracking Kinect is capable of providing responsive and intuitive motion-based control with acceptable accuracy for casual gameplay with Natural User Interface. In addition, the user evaluation results indicate a very high level of player engagement, with a score of 4.40 on the Likert scale. Although minor limitations such as tracking instability during rapid movements and occlusion were observed, overall findings suggest that Kinect-based skeleton tracking is effective in enhancing interactivity and player engagement in casual games.*

Keywords – *Kinect, Skeleton Tracking, Casual Game, Motion Sensing, Interactivity, Natural User Interface*

Abstrak – Perkembangan teknologi motion sensing memungkinkan terciptanya interaksi yang lebih alami antara pemain dan game digital. Microsoft Kinect merupakan perangkat motion sensing yang memanfaatkan teknologi depth camera dan skeleton tracking untuk mendeteksi pergerakan tubuh manusia secara real-time tanpa menggunakan perangkat kontrol fisik. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan skeleton tracking Kinect sebagai sistem kontrol pemain pada game casual bertipe menangkap koin serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap tingkat interaktivitas dan engagement pemain. Game dikembangkan menggunakan Unity dengan Kinect v2 sebagai perangkat input utama, di mana gerakan tubuh pemain digunakan untuk mengendalikan objek permainan. Metode penelitian yang digunakan meliputi pengembangan sistem, pengujian akurasi pelacakan skeleton, dan evaluasi pengalaman pengguna melalui pengujian langsung kepada responden. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skeleton tracking Kinect mampu menyediakan kontrol berbasis gerakan yang responsif dan intuitif dengan tingkat akurasi yang memadai untuk kebutuhan game casual menggunakan Natural User Interface. Selain itu, hasil evaluasi pengguna menunjukkan peningkatan engagement pemain sangat baik pada skor 4,40 pada skala Likert. Meskipun terdapat beberapa keterbatasan seperti ketidakstabilan pelacakan pada gerakan cepat dan kondisi occlusion, secara keseluruhan integrasi skeleton tracking Kinect terbukti efektif dalam meningkatkan interaktivitas dan engagement pemain pada game casual.

Kata Kunci – *Kinect, Pelacakan Skeleton, Game Casual, Pendeteksian Gerakan, Interaktivitas, Antarmuka Pengguna Alami*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi interaksi manusia dan komputer (*Human-Computer Interaction/HCI*) mendorong munculnya metode interaksi yang lebih alami dan intuitif pada berbagai aplikasi digital, termasuk *game*. Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah penggunaan kamera kedalaman (*depth camera*) untuk pendeteksian gerakan, yang memungkinkan interaksi tanpa perangkat input konvensional dan memanfaatkan gerakan tubuh sebagai media kontrol langsung; pendekatan ini meningkatkan pengalaman *Natural User Interface* (NUI) dengan menggabungkan input kedalaman, citra RGB, dan pengenalan suara untuk interaksi multisensor [11] [13].

Microsoft Kinect adalah contoh perangkat kamera kedalaman yang mampu merekam data jarak (*depth data*) dan melakukan *skeleton tracking* untuk melacak posisi sendi tubuh secara real-time. Kinect menggabungkan proyektor infra-merah, kamera infra-merah, kamera RGB, dan array mikrofon sehingga dapat menghasilkan peta kedalaman dan kerangka digital pengguna; data ini kemudian diterjemahkan menjadi perintah atau gestur dalam aplikasi, sehingga mendukung konsep NUI dengan mengurangi hambatan antara pengguna dan sistem digital [11] [13].

Dalam konteks pengembangan *game casual*, kontrol berbasis gerakan tubuh menawarkan potensi signifikan untuk meningkatkan kualitas pengalaman bermain. *Game casual* yang dirancang dengan mekanik sederhana dan aksesibilitas luas dapat menjadi lebih imersif ketika pemain mengendalikan objek permainan melalui gerakan tubuhnya sendiri; hal ini meningkatkan interaktivitas serta aspek engagement seperti keterlibatan, kesenangan, dan motivasi berulang. Penerapan Kinect pada aplikasi edukatif dan permainan anak menunjukkan bahwa pelacakan gerak dapat meningkatkan keterlibatan dan aktivitas fisik pengguna, terutama bila desain permainan dan antarmuka disesuaikan untuk target pengguna [2] [8].

Namun, penerapan *skeleton tracking* dalam *game casual* menghadapi tantangan teknis dan ergonomis. Akurasi pelacakan sendi, stabilitas sinyal, latensi pemrosesan, serta kondisi lingkungan—seperti jarak optimal antara pengguna dan sensor, sudut pemasangan, dan gangguan latar belakang—berpengaruh pada kenyamanan dan responsivitas kontrol; penelitian dan implementasi nyata melaporkan variasi pengukuran antar-objek dan kebutuhan kalibrasi (mis. jarak optimal deteksi sekitar 1,5–3 m pada beberapa konfigurasi), sehingga integrasi yang efektif memerlukan penyesuaian perangkat lunak, strategi *smoothing*/skalasi gerakan, dan desain UI yang ramah gerak [7].

Berdasarkan kondisi tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini diarahkan pada bagaimana mengintegrasikan *skeleton tracking* Kinect sebagai mekanisme kontrol pemain dalam *game casual* secara efektif dan andal. Permasalahan utama yang dikaji meliputi bagaimana merancang alur integrasi data *skeleton* Kinect dengan *game engine* Unity agar respons sistem tetap stabil dan minim latensi, serta bagaimana memetakan gerakan tubuh pemain menjadi aksi permainan yang intuitif dan mudah dipahami. Selain itu, penelitian ini juga merumuskan permasalahan terkait sejauh mana kontrol berbasis gerakan tersebut mampu meningkatkan tingkat interaktivitas dan engagement pemain dibandingkan dengan kontrol konvensional, serta tantangan teknis apa saja yang muncul dalam implementasi kamera kedalaman pada lingkungan permainan nyata.

Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah mengembangkan dan mengevaluasi sebuah *game casual* yang memanfaatkan *skeleton tracking* Kinect sebagai kontrol utama berbasis antarmuka pengguna alami. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aspek teknis implementasi, meliputi integrasi Kinect dengan Unity dan penerapan alur pengembangan berbasis *Game Development Life Cycle*, serta mengevaluasi pengalaman pengguna melalui pengujian interaktivitas dan engagement pemain. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan panduan praktis dan bukti empiris mengenai efektivitas kontrol berbasis gerakan dalam *game casual*, sekaligus berkontribusi pada pengembangan aplikasi interaktif berbasis kamera kedalaman di bidang *game*, edukasi, dan sistem interaksi tanpa sentuh [8][2].

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Integrasi *skeleton tracking* Kinect sebagai kontrol pemain dalam *game casual* menangkap koin membuka peluang interaksi yang lebih natural dibandingkan kontrol tradisional seperti *joy stick*, keyboard atau layar sentuh. Kinect menyediakan data kedalaman, citra RGB, dan pelacakan titik-titik sendi tubuh yang dapat dipetakan langsung ke aksi permainan, sehingga pemain menggerakkan tubuhnya untuk menangkap koin virtual di layar [11]. Implementasi awal harus memperhatikan pipeline akuisisi data Kinect, pemrosesan *skeleton*, dan pemetaan gerak ke mekanik permainan agar latensi dan *jitter* diminimalkan. Penggunaan Unity sebagai *game engine* mempermudah pemetaan data *skeleton* ke animasi karakter dan logika permainan, namun menuntut optimisasi agar pemrosesan sensor dan *rendering* berjalan sinkron [13].

Desain mekanik *game* menangkap koin harus mempertimbangkan karakteristik gerak yang mudah dikenali oleh Kinect agar pengalaman bermain tetap responsif dan menyenangkan. Kinect lebih andal pada gerakan besar dan posisi sendi utama seperti pergelangan tangan, siku, dan bahu; oleh karena itu, mekanik permainan sebaiknya mengandalkan gerakan meraih atau mengayun tangan daripada gerakan jari halus [7]. Level desain dapat dibuat bertahap: level awal menampilkan koin yang bergerak lambat pada area besar, sedangkan level lanjutan memperkenalkan koin yang bergerak cepat atau memerlukan kombinasi gerak tubuh. Umpan balik audiovisual yang

jasas (efek suara saat koin tertangkap, kilatan visual) membantu pemain memahami hasil aksi dan meningkatkan motivasi, sebagaimana ditemukan pada aplikasi edukatif berbasis Kinect yang meningkatkan keterlibatan pengguna [2]. Selain itu, sistem *scoring* dan *combo* dapat mendorong *replayability* tanpa menambah kompleksitas kontrol. Desain kontrol juga harus menyediakan toleransi kesalahan (mis. zona tangkap lebih besar) untuk mengatasi keterbatasan akurasi sensor.

Akurasi pelacakan sendi dan stabilitas sinyal menjadi tantangan teknis utama yang memengaruhi kenyamanan kontrol dalam game menangkap koin. Pengukuran empiris pada implementasi Kinect menunjukkan variasi ADC dan sensitivitas terhadap jarak serta kondisi lingkungan, sehingga pemasangan sensor pada jarak optimal (mis. 1,5–3 m) dan sudut yang tepat sangat penting untuk performa stabil [7]. Untuk mengurangi *noise* dan fluktuasi, perlu diterapkan teknik *smoothing* seperti *low-pass filtering* dan eksponensial *smoothing* pada koordinat sendi sebelum dipakai sebagai input permainan [13]. Selain itu, strategi *scaling* gerakan membantu menyesuaikan rentang fisik pemain dengan ruang permainan di layar sehingga gerakan kecil tetap menghasilkan respons yang memadai. Pengembang juga harus menangani kasus *occlusion* dan *multiple-user* dengan logika penguncian kontrol pada satu pengguna aktif agar input tidak tercampur. Dengan mitigasi teknis ini, pengalaman kontrol dapat dibuat lebih konsisten dan dapat diterima oleh pemain.

Latensi sistem—dari akuisisi data Kinect hingga rendering respons di layar—harus diminimalkan agar umpan balik terasa *real-time* dan tidak mengganggu *flow* permainan. Latensi yang tinggi menyebabkan *mismatch* antara gerakan pemain dan aksi di layar, yang menurunkan rasa kontrol dan *engagement*. Praktik terbaik mencakup pemrosesan data *skeleton* pada *thread* terpisah, penggunaan *buffer* kecil, dan optimisasi *rendering* di Unity untuk menjaga *frame rate* stabil [13]. Selain itu, prediksi gerak sederhana (mis. linear extrapolation) dapat dipakai untuk mengurangi efek latensi pada event tangkap koin, terutama ketika koin bergerak cepat. Pengujian performa pada perangkat target harus dilakukan untuk menentukan *trade-off* antara kualitas visual dan responsivitas kontrol. Dokumentasi hasil pengukuran latensi dan perbaikan yang diterapkan menjadi bagian penting dari laporan penelitian.

Multimodalitas Kinect (*depth* + RGB + *audio*) memungkinkan desain interaksi yang lebih kaya dalam game menangkap koin tanpa menambah beban kognitif pemain. Misalnya, data *depth* dan RGB dapat dipakai bersama untuk memverifikasi posisi tangan dan mengurangi *false positive*, sementara input audio dapat digunakan untuk navigasi menu atau konfirmasi suara saat pemain berhasil mencapai *combo* tertentu [1]. Namun, fusi modalitas harus dilakukan secara selektif: gestur tetap menjadi kontrol utama, sedangkan suara berfungsi sebagai opsi tambahan atau aksesibilitas. Integrasi multimodal juga menambah kompleksitas pemrosesan dan potensi konflik sinyal, sehingga diperlukan strategi prioritas modalitas berdasarkan konteks permainan. Dalam pengujian lapangan, multimodalitas yang terkoordinasi dapat meningkatkan imersi dan kepuasan pemain, terutama pada audiens anak-anak yang merespons umpan balik audiovisual secara kuat [2].

Evaluasi kegunaan (*usability*) dan pengalaman pengguna (UX) harus menjadi bagian integral dari penelitian untuk menilai dampak integrasi *skeleton tracking* terhadap interaktivitas dan *engagement*. Metode evaluasi yang direkomendasikan meliputi uji fungsional (*alpha testing*), uji eksternal dengan kuesioner likert untuk aspek *learnability*, *flexibility*, *effectiveness*, dan *attitude*, serta observasi perilaku pemain selama sesi bermain (Saputra et al., 2022). Pengukuran kuantitatif seperti akurasi tangkapan koin, waktu reaksi, dan skor rata-rata per sesi dapat dipadukan dengan data kualitatif dari wawancara singkat untuk menangkap persepsi pemain. Hasil uji beta pada aplikasi edukatif sebelumnya menunjukkan bahwa metrik *usability* memberikan gambaran jelas tentang area yang perlu perbaikan, misalnya instruksi yang kurang jelas atau sensitivitas kontrol yang perlu disesuaikan (Saputra et al., 2022). Untuk game menangkap koin, fokus evaluasi harus mencakup seberapa cepat pemain belajar mengendalikan gerakan, tingkat kesenangan, dan kecenderungan untuk bermain ulang.

Pertimbangan etika dan privasi penting ketika Kinect merekam data biometrik seperti posisi sendi dan pola gerak pemain. Data *skeleton*, meskipun tidak selalu mengandung identitas wajah, tetap merupakan informasi sensitif yang harus dikelola dengan prinsip minimalisasi dan keamanan. Penelitian ini perlu menetapkan kebijakan penyimpanan data yang jelas: menyimpan hanya data yang diperlukan untuk analisis, menerapkan anonymization bila memungkinkan, dan meminta persetujuan eksplisit dari partisipan—terutama bila subjeknya anak-anak [7]. Selain itu, dokumentasi prosedur penghapusan data dan pembatasan akses internal harus disiapkan. Memasukkan aspek privasi dalam desain eksperimen meningkatkan kepercayaan pengguna dan mempermudah penerapan di lingkungan pendidikan atau publik.

Aspek pedagogis dan desain motivasional harus diselaraskan bila game menangkap koin ditujukan untuk tujuan edukasi atau pengembangan keterampilan motorik. Elemen seperti level *progression*, *reward system*, dan *feedback* yang bersifat informatif (bukan hanya penghargaan) membantu pemain memahami kemajuan dan mendorong latihan berulang yang bermakna (Saputra et al., 2022; Prisilla et al., 2025). Untuk audiens anak-anak, integrasi modul pembelajaran singkat atau fakta menarik yang muncul setelah mencapai target tertentu dapat menambah nilai edukatif

tanpa mengganggu flow permainan. Kolaborasi dengan pendidik atau ahli perkembangan anak akan memastikan bahwa konten dan tantangan sesuai dengan tujuan pembelajaran. Dengan pendekatan ini, game menangkap koin dapat berfungsi ganda sebagai sarana hiburan dan alat pembelajaran.

Implementasi teknis di Unity memerlukan struktur modular yang memudahkan iterasi dan *debugging* selama siklus pengembangan GDLC (*Game Development Life Cycle*). Modul akuisisi Kinect, modul pemrosesan gestur, dan modul *gameplay* harus dikembangkan terpisah sehingga perubahan pada satu modul tidak merusak keseluruhan sistem (Saputra et al., 2022). Penggunaan plugin Kinect yang kompatibel dan pengujian lintas platform (jika ditargetkan selain Windows) perlu dipertimbangkan sejak awal. Selain itu, *logging* terstruktur dari data sensor dan event permainan membantu analisis pasca-uji untuk mengidentifikasi pola kegagalan atau area yang memerlukan tuning. Praktik rekayasa perangkat lunak yang baik mempercepat iterasi *alpha*→*beta*→*release* dan meningkatkan kualitas akhir produk.

Pengujian lapangan di lingkungan nyata (mis. ruang kelas, pusat permainan, atau pameran) mengungkapkan tantangan operasional seperti gangguan latar belakang, *occlusion* oleh objek lain, dan interaksi *multi-user*. Studi tentang penggunaan Kinect di ruang publik menekankan pentingnya mekanisme penguncian kontrol pada satu pengguna aktif dan penanganan transisi antar pengguna agar sistem tidak mudah terganggu (Černivec & Bohak, 2014). Untuk game menangkap koin, protokol penggunaan harus mencakup penempatan sensor yang optimal, batas area interaksi yang jelas, dan instruksi singkat bagi pengguna baru. Selain itu, desain UI harus menonjolkan elemen interaktif agar mudah ditargetkan oleh kontrol tanpa sentuh. Mengantisipasi kondisi nyata meningkatkan reliabilitas aplikasi saat diimplementasikan di luar laboratorium.

Secara keseluruhan, integrasi skeleton tracking Kinect ke dalam game casual menangkap koin menawarkan potensi signifikan untuk meningkatkan interaktivitas dan engagement pemain bila tantangan teknis, desain, dan etika ditangani secara sistematis. Penelitian ini diharapkan menghasilkan panduan praktis—meliputi parameter kalibrasi, teknik *smoothing*, desain UI ramah gerak, dan protokol evaluasi—serta bukti empiris mengenai dampak *embodied interaction* terhadap motivasi bermain. Temuan tersebut dapat menjadi referensi bagi pengembang game, pendidik, dan peneliti yang ingin memanfaatkan sensor *depth* untuk aplikasi interaktif yang aman, efektif, dan menyenangkan (Yang et al., 2014; Saputra et al., 2022; Prisilla et al., 2025).

TABEL I
PENELITIAN TERKAIT

No	Peneliti & Tahun	Objek / Aplikasi	Teknologi Utama	Fokus Penelitian	Metode Evaluasi	Temuan Utama
1	Yang et al. (2014)	Game-oriented study berbasis Kinect	Kinect motion sensing, skeleton tracking	Penerapan kontrol berbasis gerakan dalam pembelajaran berbasis game	Evaluasi usability dan observasi pengguna	Kontrol berbasis gerakan meningkatkan keterlibatan pengguna
2	Černivec & Bohak (2014)	Sistem Kinect di ruang publik	Kinect depth + RGB	Tantangan operasional di lingkungan nyata	Observasi lapangan	Ditemukan isu <i>occlusion</i> dan <i>multi-user interference</i>
3	Saputra et al. (2022)	Game edukasi berbasis Android	GDLC, evaluasi usability	Metodologi pengembangan game edukatif	Kuesioner Likert usability & UX	Usability berpengaruh pada keberhasilan game edukasi
4	Prisilla et al. (2025)	Aplikasi edukatif interaktif	Game berbasis gerakan dan reward system	Motivasi dan desain pedagogis	Observasi dan evaluasi pengguna	Feedback audiovisual meningkatkan motivasi
5	H. Alchudri dan Zaini (2021)	Sistem interaksi berbasis gerakan	Skeleton tracking Kinect	Akurasi pelacakan sendi	Pengukuran teknis dan filtering	Kinect lebih akurat pada gerakan besar
6	Cary et al. (2014)	Serious game fisioterapi	Kinect skeleton tracking	Evaluasi gerak tubuh pasien	Pengujian klinis & observasi	Kinect efektif untuk evaluasi gerak

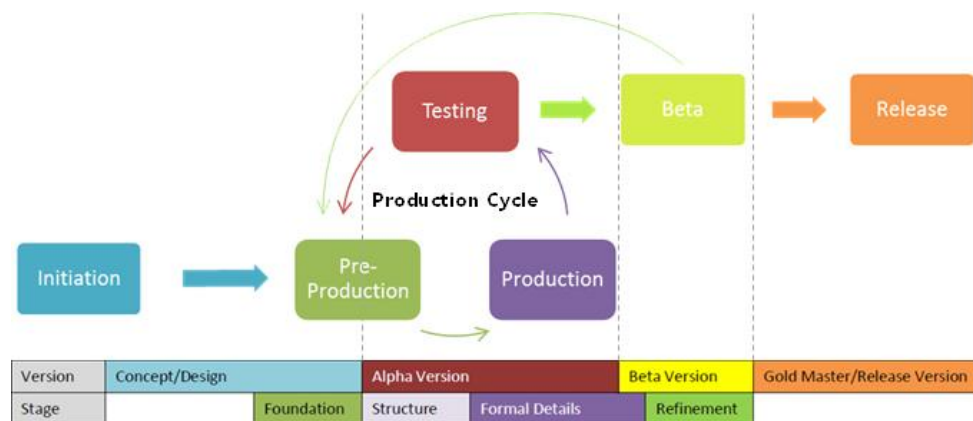
8	Penelitian ini	Game casual menangkap koin	Kinect V2 skeleton tracking + Unity	Interaktivitas & engagement berbasis NUI	Akurasi skeleton + kuesioner Likert	Skeleton tracking meningkatkan interaksi alami dan engagement
---	----------------	----------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------------------	---

III. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan metode rekayasa perangkat lunak (*software engineering*) dengan siklus pengembangan GDLC (*Game Development Life Cycle*). Pendekatan ini dipilih karena penelitian berfokus pada pengembangan sistem game berbasis teknologi tertentu serta pengujian kinerja dan dampaknya terhadap pengguna.

Eksperimen dilakukan dengan membandingkan hasil implementasi sistem kontrol berbasis skeleton tracking Kinect terhadap aspek interaktivitas dan engagement pemain melalui pengujian teknis dan evaluasi pengalaman pengguna.



Gbr. 1 Siklus Game Development Life Cycle

Dalam pengembangan game ini, penulis menerapkan metode **Game Development Life Cycle (GDLC)** sebagai kerangka kerja pengembangan. GDLC merupakan pendekatan pengembangan game yang menitikberatkan pada aspek interaktivitas dan terdiri atas enam tahapan utama, yaitu inisiasi/konseptualisasi, pra-produksi, produksi, pengujian, beta, dan rilis. Keenam tahapan tersebut dapat dirangkum ke dalam tiga proses besar, yakni inisialisasi, produksi, dan rilis. Model pengembangan GDLC digunakan sebagai acuan dalam seluruh proses pembuatan game *menangkap koin* berbasis Kinect, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, dengan uraian tahapan sebagai berikut:

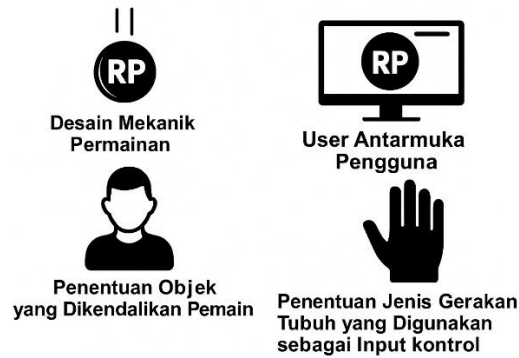
1. **Initiation**

Tahap awal ini mencakup perumusan konsep game casual berupa permainan *menangkap koin* dengan kontrol berbasis gerakan tubuh melalui teknologi *skeleton tracking* Kinect. Pada tahap ini ditentukan tujuan utama game, yaitu meningkatkan interaktivitas dan *engagement* pemain dengan memanfaatkan gerakan tangan atau tubuh untuk menangkap koin yang muncul di layar.

2. **Pre-Production**

Tahap pra-produksi mencakup pembuatan prototipe awal game serta perancangan konsep dan desain dasar permainan. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dengan mempelajari referensi game casual sejenis, khususnya yang menggunakan kontrol gerakan tubuh. Pengumpulan data dilakukan dengan mengkaji jurnal ilmiah, prosiding, dan publikasi terkait teknologi Kinect, *skeleton tracking*, game berbasis gerakan, *Natural User Interface (NUI)*, serta interaktivitas dan *engagement* pemain. Selain itu, pada tahap ini dilakukan perancangan *game casual* bertipe menangkap koin, meliputi:

- Desain mekanik permainan
- Desain antarmuka pengguna
- Penentuan objek yang dikendalikan pemain
- Penentuan jenis gerakan tubuh yang digunakan sebagai input kontrol



Gbr. 2 Rancangan Pre Production Game

3. *Production*

Game dikembangkan menggunakan *Unity Game Engine*, sementara *Microsoft Kinect v2* digunakan sebagai perangkat *depth camera*. Implementasi *skeleton tracking* dilakukan dengan memanfaatkan *Kinect SDK* untuk mendeteksi posisi sendi tubuh pemain, khususnya sendi tangan (*HandRight* dan *HandLeft*). Tahap ini berfokus pada pembuatan aset visual berupa desain koin, latar belakang, dan karakter pemain. Selain itu, dilakukan pengembangan logika permainan, integrasi data *skeleton* dari *Kinect*, serta penulisan *source code* menggunakan *Unity*. Pada tahap ini, gerakan tangan pemain dipetakan ke aksi menangkap koin sehingga interaksi terasa natural dan responsif.

Untuk proses integrasi *Skeleton Tracking* sebagai Kontrol Pemain dilakukan dengan menyesuaikan data koordinat sendi yang diperoleh dari *Kinect* dipetakan ke dalam koordinat objek permainan (ember) secara *real-time*. Proses ini melibatkan normalisasi data gerakan agar pergerakan objek dalam game sesuai dengan gerakan tangan pemain dan tetap nyaman digunakan

4. *Testing*

Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh fungsi dalam game *menangkap koin* berjalan dengan baik. Pengujian menggunakan metode *black box testing* untuk memverifikasi kesesuaian fungsi kontrol gerakan, sistem skor, dan umpan balik visual/audio dengan kebutuhan yang telah dirancang. Fokus utama pengujian adalah memastikan bahwa *skeleton tracking* dapat mendeteksi gerakan tangan secara akurat dan diterjemahkan menjadi aksi menangkap koin. Pengujian dilakukan untuk menilai akurasi pelacakan gerakan serta dampak penggunaan kontrol berbasis *skeleton tracking* terhadap interaktivitas dan engagement pemain.

5. *Beta*

Tahap beta dilakukan setelah pengujian internal selesai. Pada tahap ini, game diuji langsung oleh sejumlah pengguna (tester) untuk menilai kenyamanan kontrol gerakan, tingkat keseruan, serta engagement yang dirasakan. Apabila masih ditemukan kendala seperti keterlambatan deteksi gerakan atau kesulitan menangkap koin, maka pengembangan akan dikembalikan ke tahap pra-produksi untuk dilakukan perbaikan.

6. *Release*

Tahap akhir adalah merilis game *menangkap koin* kepada pengguna setelah dinyatakan layak dan memenuhi kriteria penggunaan. Game yang dirilis diharapkan mampu memberikan pengalaman bermain yang interaktif dan menyenangkan, sekaligus menunjukkan efektivitas integrasi *skeleton tracking* *Kinect* sebagai kontrol pemain dalam meningkatkan interaktivitas dan engagement.

B. Perancangan Arsitektur Sistem

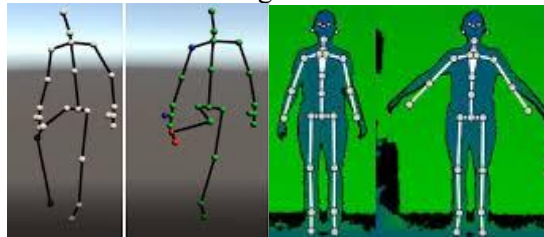
Arsitektur sistem dalam penelitian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. Sensor Kinect v2 sebagai kamera kedalaman untuk menangkap data gerakan tubuh pemain.



Gbr. 3 Microsoft Kinect

2. Kinect SDK untuk memproses data skeleton tracking.



Gbr. 4 Skeleton Tracking

3. Unity Game Engine sebagai platform pengembangan game.
4. Modul Kontrol Game yang menghubungkan data gerakan dengan aksi dalam permainan.

Alur sistem dimulai dari pendeteksian gerakan tangan pemain oleh Kinect, kemudian data skeleton diproses oleh Kinect SDK dan diteruskan ke Unity untuk mengendalikan objek permainan secara real-time.

C. Metode Pengujian Sistem

1. Pengujian Akurasi Skeleton Tracking

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat akurasi Kinect dalam melacak pergerakan tangan pemain.

Parameter yang diuji meliputi:

- Selisih posisi antara gerakan tangan dan posisi objek permainan
- Stabilitas pelacakan (jitter)
- Respons sistem terhadap perubahan gerakan

Pengujian dilakukan pada jarak optimal sensor Kinect dengan beberapa variasi gerakan tangan.

TABEL 2
KOMPONEN PENILAIAN AKURASI SKELETON TRACKING

Komponen Penilaian	Indikator Pengujian
Akurasi posisi gerakan tangan	Selisih jarak antara posisi tangan pemain dan posisi objek permainan (dalam cm)
Stabilitas pelacakan	Tingkat getaran atau fluktuasi posisi objek permainan saat tangan berada dalam posisi diam (jitter)
Responsivitas sistem	Waktu respons sistem terhadap perubahan arah atau kecepatan gerakan tangan (dalam ms)

TABEL 3
INDIKATOR PENILAIAN AKURASI SKELETON TRACKING

Indikator	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang
Selisih posisi gerakan tangan	≤ 1 cm	$> 1 - 3$ cm	$> 3 - 5$ cm	> 5 cm

Stabilitas pelacakan (jitter)	Hampir tidak ada jitter	Jitter ringan, tidak mengganggu	Jitter terlihat, agak mengganggu	Jitter tinggi, mengganggu gameplay
Respons sistem	< 100 ms	100 – 200 ms	200 – 300 ms	> 300 ms

2. Pengujian Interaktivitas dan Engagement Pemain

Pengujian ini dilakukan dengan melibatkan 20 responden yang diminta memainkan game menggunakan kontrol berbasis skeleton tracking Kinect. Evaluasi dilakukan menggunakan kuesioner berbasis skala Likert untuk menilai:

- Kemudahan penggunaan
- Kenyamanan kontrol
- Responsivitas sistem
- Tingkat kesenangan dan keterlibatan pemain

Indikator pengujian digunakan sebagai tolok ukur kuantitatif dan kualitatif terhadap masing-masing komponen penilaian. Indikator yang digunakan dalam pengujian interaktivitas dan engagement pemain ditunjukkan pada Tabel berikut.

TABEL 4
KOMPONEN PENILAIAN INTERAKTIVITAS DAN ENGAGEMENT PEMAIN

Komponen Penilaian	Indikator Pengujian
Kemudahan penggunaan	Kemudahan memahami cara bermain dan mengoperasikan kontrol berbasis gerakan
Kenyamanan kontrol	Tingkat kenyamanan pemain dalam melakukan gerakan tangan selama bermain
Responsivitas sistem	Kecepatan respons sistem terhadap input gerakan pemain
Kesenangan dan keterlibatan	Tingkat kesenangan, fokus, dan ketertarikan pemain selama bermain

Kriteria penilaian ditentukan berdasarkan hasil kuesioner menggunakan skala Likert 5 tingkat, yaitu:

- 1 = Sangat Tidak Setuju
- 2 = Tidak Setuju
- 3 = Netral
- 4 = Setuju
- 5 = Sangat Setuju

Hasil penilaian kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori berikut:

TABEL 5
KRITERIA PENILAIAN INTERAKTIVITAS DAN ENGAGEMENT PEMAIN

Rentang Skor Rata-rata	Kategori Penilaian
4,21 – 5,00	Sangat Baik
3,41 – 4,20	Baik
2,61 – 3,40	Cukup
1,81 – 2,60	Kurang
1,00 – 1,80	Sangat Kurang

D. Subjek dan Skenario Pengujian

Subjek penelitian terdiri dari beberapa responden dengan latar belakang pengguna umum pada usia produktif dengan rentang umur 18-35 tahun. Setiap responden diminta memainkan game dalam durasi tertentu menggunakan

kontrol berbasis Kinect. Selama pengujian, responden diarahkan untuk melakukan gerakan tangan sesuai dengan mekanik permainan yang telah dirancang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi Sistem Game Berbasis Skeleton Tracking Kinect

Hasil utama dari penelitian ini adalah sebuah game casual bertipe menangkap koin yang menggunakan skeleton tracking Kinect sebagai sistem kontrol pemain. Game dikembangkan menggunakan Unity Game Engine dan diintegrasikan dengan Microsoft Kinect v2 sebagai perangkat kamera kedalaman.



Gbr. 5 UI Game Menangkap Koin

Dalam implementasinya, Kinect digunakan untuk mendeteksi pergerakan tangan pemain melalui titik sendi HandRight dan HandLeft.



Gbr. 6 Visual Ember yang bergerak mengikuti Pergerakan Player

Data koordinat sendi yang diperoleh secara real-time kemudian dipetakan ke pergerakan objek ember dalam permainan. Pergerakan tangan secara horizontal digunakan untuk mengontrol posisi ember agar dapat menangkap koin yang jatuh.



Gbr. 7 Pendeteksian Posisi Pemain pada Game

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu berjalan secara stabil dan responsif. Integrasi antara Kinect SDK dan Unity berhasil dilakukan tanpa gangguan signifikan dengan pembaruan data gerakan yang cukup halus untuk kebutuhan gameplay game casual.

B. Hasil Pengujian Akurasi Skeleton Tracking

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan Kinect dalam melacak pergerakan tubuh dan tangan pemain secara presisi. Pengujian dilakukan kepada player dengan kelompok usia 20 tahunan pria dan Wanita dan dilakukan pada kondisi outdoor pada jarak optimal sensor Kinect, yaitu sekitar 1,5–2,5 meter dari pemain dan diuji pada kondisi siang saat penerangan dari matahari sangat maksimal hingga malam hari.

Pengujian dilakukan pada jarak optimal Kinect 1,5–2,5 meter, dengan variasi gerakan tangan:

1. Gerakan horizontal lambat
2. Gerakan horizontal sedang
3. Gerakan horizontal cepat
4. Gerakan mendadak (perubahan arah)
5. Gerakan dengan potensi occlusion ringan

TABEL 6
HASIL PENGUJIAN AKURASI SKELETON TRACKING

No	Skenario Gerakan	Selisih Posisi (cm)	Kategori	Jitter	Kategori	Respons Sistem (ms)	Kategori
1	Horizontal lambat	1,2	Baik	Hampir tidak ada	Sangat Baik	92	Sangat Baik
2	Horizontal sedang	2,0	Baik	Jitter ringan	Baik	115	Baik
3	Horizontal cepat	3,4	Cukup	Jitter terlihat	Cukup	168	Baik
4	Perubahan arah mendadak	2,8	Baik	Jitter ringan	Baik	185	Baik
5	Occlusion ringan	4,6	Cukup	Jitter terlihat	Cukup	210	Cukup

TABEL 7
RATA-RATA HASIL PENGUJIAN

Indikator	Nilai Rata-rata	Kategori
Selisih posisi gerakan tangan	2,8 cm	Baik
Stabilitas pelacakan (jitter)	Jitter ringan–terlihat	Baik–Cukup
Respons sistem	154 ms	Baik

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh temuan sebagai berikut:

1. Rata-rata selisih posisi sebesar 2,8 cm masuk kategori Baik. Ini menunjukkan bahwa Kinect mampu memetakan pergerakan tangan pemain ke objek ember secara cukup presisi untuk game casual. Selisih terbesar terjadi pada skenario occlusion ringan dan gerakan cepat, karena tracking skeleton lebih sulit stabil pada kondisi tersebut.
2. Pada gerakan lambat, jitter hampir tidak muncul (Sangat Baik). Namun pada gerakan cepat dan occlusion ringan, jitter menjadi lebih terlihat (Cukup). Hal ini menunjukkan bahwa Kinect masih sensitif terhadap:
 - a. gerakan ekstrem/cepat,
 - b. perubahan posisi mendadak,
 - c. bagian tangan tertutup tubuh atau keluar dari bidang kamera.
3. Rata-rata waktu respons sebesar 154 ms termasuk kategori Baik, sehingga kontrol berbasis gerakan masih terasa responsif dan nyaman untuk gameplay. Keterlambatan terbesar terjadi pada skenario occlusion, karena sistem membutuhkan waktu tambahan untuk memperbaiki estimasi skeleton.

Integrasi skeleton tracking Kinect sebagai kontrol pemain pada game casual dinyatakan layak, karena mampu memberikan kontrol yang cukup akurat, responsif, dan interaktif, meskipun masih terdapat keterbatasan stabilitas pelacakan pada kondisi gerakan cepat dan occlusion..

C. Hasil Pengujian Interaktivitas dan Engagement Pemain

Pengujian interaktivitas dan engagement pemain dilakukan dengan melibatkan sejumlah responden yang diminta memainkan game menggunakan kontrol berbasis skeleton tracking Kinect. Evaluasi dilakukan menggunakan kuesioner berbasis skala Likert yang mencakup aspek kemudahan penggunaan, kenyamanan kontrol, responsivitas sistem, dan tingkat kesenangan bermain.

Pengujian dilakukan dengan melibatkan 20 responden yang diminta memainkan game casual menangkap koin menggunakan kontrol berbasis skeleton tracking Kinect selama ± 10 menit. Setelah itu responden mengisi kuesioner skala Likert (1–5).

TABEL 8
HASIL KUESIONER INTERAKTIVITAS DAN ENGAGEMENT

No	Indikator Penilaian	Skor Rata-rata	Kategori (sesuai kriteria)
1	Kemudahan penggunaan	4,35	Sangat Baik
2	Kenyamanan kontrol	4,10	Baik
3	Responsivitas sistem	3,95	Baik
4	Tingkat engagement pemain	4,40	Sangat Baik

TABEL 9
REKAPITULASI SKOR TOTAL

Komponen	Nilai
Total skor rata-rata seluruh indikator	4,20
Kategori keseluruhan	Baik

1. Kemudahan penggunaan (4,35 – Sangat Baik)
Hasil ini menunjukkan bahwa responden dapat memahami mekanisme kontrol berbasis gerakan dengan cepat tanpa membutuhkan pelatihan khusus. Artinya, skeleton tracking Kinect berhasil mendukung interaksi Natural User Interface (NUI) yang intuitif.
2. Kenyamanan kontrol (4,10 – Baik)
Responden merasa kontrol cukup nyaman, namun beberapa responden masih merasakan kelelahan ringan pada tangan ketika bermain dalam durasi tertentu. Ini wajar karena kontrol dilakukan melalui gerakan tubuh.
3. Responsivitas sistem (3,95 – Baik)
Sistem dinilai cukup responsif dalam mengikuti gerakan tangan pemain. Keterlambatan kecil masih terjadi pada kondisi tertentu seperti gerakan cepat atau perubahan arah mendadak, namun tidak mengganggu gameplay secara signifikan.
4. Kesenangan dan keterlibatan (4,40 – Sangat Baik)
Skor tinggi pada indikator ini menegaskan bahwa kontrol berbasis Kinect meningkatkan engagement pemain karena pemain merasa lebih aktif, tertantang, dan menikmati permainan dibanding kontrol konvensional.

TABEL 10
PERBANDINGAN NILAI RATA-RATA DAN STANDAR DEVIASI

No	Indikator Penilaian	Rata-rata (Mean)	Standar Deviasi (SD)	Interpretasi
----	---------------------	------------------	----------------------	--------------

1	Kemudahan penggunaan	4,35	0,67	Sangat Baik
2	Kenyamanan kontrol	4,10	0,74	Baik
3	Responsivitas sistem	3,95	0,71	Baik
4	Tingkat engagement pemain	4,40	0,62	Sangat Baik
	Rata-rata keseluruhan	4,20	0,69	Sangat Baik

Nilai rata-rata menunjukkan bahwa seluruh indikator berada pada kategori baik hingga sangat baik, dengan skor tertinggi pada indikator Tingkat engagement pemain (mean = 4,40). Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan kontrol berbasis skeleton tracking Kinect mampu menciptakan pengalaman bermain yang menyenangkan dan meningkatkan engagement pemain secara signifikan.

Standar deviasi yang relatif rendah ($SD < 0,80$) pada seluruh indikator menunjukkan bahwa jawaban responden cukup homogen, sehingga persepsi pemain terhadap interaktivitas dan kenyamanan kontrol cenderung konsisten. Indikator kenyamanan kontrol dan responsivitas sistem memiliki SD sedikit lebih tinggi dibandingkan indikator lainnya, yang mengindikasikan adanya variasi pengalaman pemain, kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan postur tubuh, kecepatan gerakan, atau jarak pemain terhadap sensor Kinect.

D. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, dapat dibahas bahwa teknologi skeleton tracking Kinect efektif digunakan sebagai sistem kontrol pemain dalam game casual. Pemanfaatan kamera kedalaman memungkinkan sistem untuk mendeteksi gerakan tubuh pemain secara real-time tanpa perangkat input fisik, sehingga mendukung konsep Natural User Interface (NUI).

Peningkatan interaktivitas terlihat dari keterlibatan fisik pemain selama bermain, sedangkan peningkatan engagement ditunjukkan melalui respons positif pemain terhadap kesenangan dan imersi permainan. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa game berbasis gerakan mampu meningkatkan keterlibatan pemain dan pengalaman bermain.

Namun demikian, keterbatasan masih ditemukan pada aspek stabilitas pelacakan ketika terjadi gerakan cepat dan occlusion. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun Kinect cukup andal untuk game casual, diperlukan optimasi tambahan seperti filtering gerakan atau pembatasan kecepatan input untuk meningkatkan kenyamanan kontrol.

E. Perbandingan dengan Penelitian Terkait

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang memanfaatkan Kinect pada aplikasi rehabilitasi atau serious game, penelitian ini memiliki fokus yang berbeda, yaitu pada game casual dengan mekanik sederhana. Hasil penelitian ini memperkuat temuan bahwa Kinect tidak hanya cocok untuk aplikasi edukasi dan kesehatan, tetapi juga efektif digunakan pada game hiburan untuk meningkatkan interaktivitas dan engagement pemain.

Perbedaan utama penelitian ini terletak pada penerapan skeleton tracking sebagai kontrol utama dalam game casual serta evaluasi langsung terhadap pengalaman pemain, sehingga memberikan kontribusi baru dalam pengembangan game berbasis kamera kedalaman.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Skeleton tracking Kinect berhasil diintegrasikan sebagai sistem kontrol pemain pada game casual bertipe menangkap koin. Teknologi kamera kedalaman Kinect mampu mendeteksi pergerakan tangan pemain secara real-time dan menerjemahkannya menjadi kontrol objek permainan dengan baik.
2. Tingkat akurasi pelacakan gerakan Kinect berada dalam batas yang memadai untuk kebutuhan game casual. Rata-rata selisih posisi gerakan tangan dan objek permainan masih dapat ditoleransi sehingga tidak mengganggu kenyamanan dan kelancaran gameplay.
3. Penggunaan kontrol berbasis gerakan tubuh meningkatkan interaktivitas pemain, karena pemain terlibat secara langsung melalui gerakan fisik dalam mengendalikan permainan dibandingkan dengan kontrol

konvensional.

4. Engagement pemain mengalami peningkatan, yang ditunjukkan melalui hasil evaluasi pengguna berupa meningkatnya kesenangan bermain, imersi, dan ketertarikan pemain terhadap game.
5. Terdapat keterbatasan pada stabilitas pelacakan ketika terjadi gerakan cepat dan kondisi occlusion, yang dapat memengaruhi responsivitas sistem dalam situasi tertentu.

Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, pengembangan sistem dapat dilakukan dengan:

1. Menerapkan teknik filtering atau smoothing untuk mengurangi jitter pada pelacakan gerakan.
2. Mengombinasikan skeleton tracking dengan metode input lain untuk meningkatkan akurasi dan stabilitas kontrol.
3. Mengembangkan jenis game lain dengan tingkat kompleksitas yang lebih tinggi atau menguji sistem pada kelompok pengguna yang lebih beragam.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi skeleton tracking Kinect merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan interaktivitas dan engagement pemain pada game casual, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut pada aplikasi hiburan, edukasi, dan aktivitas fisik ringan..

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada pihak yang membantu ataupun memberikan dukungan terkait dengan penelitian yang dilakukan seperti bantuan fasilitas penelitian, dana hibah, dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sánchez. W, "Interactive Kinect Application for Learning English Vocabulary," Proceedings of the XXI International Conference on Human Computer Interaction (Interacción '21), Málaga, Spain. Association for Computing Machinery, 2021, <https://doi.org/10.1145/3471391.3471411>.
- [2] Y. Prisilla, A. Q. Putri, E. F. Kusnaedi, dan G. A. R., "Aplikasi Gerak Aktif Berbasis Kinect Xbox untuk Melatih Motorik Kasar Anak Usia Dini di TAAM Darurrahmah," Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan (JERKIN), vol. 3, no. 4, pp. 5294–5300, Apr–Jun 2025. doi: 10.31004/jerkin.v3i4.1369.
- [3] D. R. Darmawan, E. W. Nugroho, dan R. Sanjaya, "Learning Traditional Denok Dance With Kinect Game," Journal of Business and Technology, vol. 1, no. 2, pp. 43–46, 2021. e-ISSN: 2776-0332.
- [4] A. P. Kuntjara, Erandaru, T. Gunawan, dan C. Hensel, "Potensi Penggunaan Kinect sebagai Alat Motion Capture untuk Animasi Karakter Digital," Nirmana: Jurnal Desain dan Seni, vol. 21, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2021, doi: 10.9744/nirmana.21.1.1-7.
- [5] M. R. Alimansyah, E. C. Djamal, R. Yuniarti, A. Arif, dan T. Prabowo, "Game Evaluasi Gerakan Pasien Rehabilitasi Cedera Bahu Berbasis Kinect Menggunakan Kalman Filter," dalam Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi), Yogyakarta, Indonesia, Aug. 2018, ISSN: 1907-5022.
- [6] H.-M. J. Hsu, "The Potential of Kinect in Education," International Journal of Information and Education Technology, vol. 1, no. 5, pp. 365–370, Dec. 2011.
- [7] H. Alchudri dan Zaini, "Sistem Keamanan Gedung Menggunakan Kinect Xbox 360 dengan Metode Skeletal Tracking," Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi), vol. 5, no. 6, pp. 1137–1142, 2021, ISSN: 2580-0760.
- [8] A. A. Saputra, F. N. Putra, dan R. D. R. Yusron, "Pembuatan Game Edukasi Pengenalan Kebudayaan Indonesia Menggunakan Metode Game Development Life Cycle (GDLC) Berbasis Android," JACIS: Journal Automation Computer Information System, vol. 2, no. 1, pp. 66–73, May 2022.
- [9] F. Cary, O. Postolache, dan P. S. Girão, "Kinect-Based System and Serious Game Motivating Approach for Physiotherapy Assessment and Remote Session Monitoring," Proceedings of the 8th International Conference on Sensing Technology, Liverpool, UK, Sep. 2–4, 2014.
- [10] F. Y. Al Irsyadi dan A. N. Rohmah, "Game Edukasi bagi Anak Autis Bertema Anggota Keluarga Berbasis Kinect Xbox 360," Jurnal SIMETRIS, vol. 8, no. 2, pp. 739–746, Nov. 2017, ISSN: 2252-4983.
- [11] Y. H. Yang, W. Xu, H. Zhang, J. P. Zhang, dan M. L. Xu, "The Application of Kinect Motion Sensing Technology in Game-Oriented Study," International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), vol. 9, no. 2, pp. 66–70, 2014, doi: 10.3991/ijet.v9i2.3282.
- [12] Y. P. Putra, E. W. Nugroho, dan H. Prasetya, "Game Design Education 'Terjumlah' Using Kinect Sensor," Journal of Business and Technology, vol. 1, no. 1, 2021.
- [13] Černivec, A., & Bohak, C, "Using Kinect for Touchless Interaction with Existing Applications", Human-Computer Interaction Slovenia (HCI SI) Conference, 2014.