

FlightTech Immersion: Aplikasi VR Dengan Integrasi Hand Tracking untuk Eksplorasi Komponen Pesawat

Aditia Nurfikri*, Ardiman Firmanda**

* Informatics Engineering, Batam State Polytechnic

** Multimedia and Network Engineering, Batam State Polytechnic

Article Info

Article history:

Received Jun 12th, 201x

Revised Aug 20th, 201x

Accepted Aug 26th, 201x

Keyword:

Virtual Reality

Hand Tracking

Multimedia Development Life Cycle

Interaksi Imersif

ABSTRACT

The advancement of Virtual Reality (VR) technology has significantly contributed to the field of education, particularly in vocational learning environments. This study aims to develop and evaluate FLIGHTECH IMMERSION, an interactive learning application based on VR technology integrated with hand tracking, designed to help students explore aircraft components virtually. The application was developed using the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) method, consisting of six stages: Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, and Distribution. Functional testing was conducted using the black-box testing method, while user evaluation employed a quantitative descriptive approach through a questionnaire distributed to 32 students of the Aircraft Maintenance Engineering Program at Batam State Polytechnic. The results showed an average user satisfaction score of 4.42, classified as "Very Feasible". These findings indicate that FLIGHTECH IMMERSION can serve as an innovative and effective educational medium for immersive learning in the field of aviation technology.

*Copyright © 201x Institute of Advanced Engineering and Science.
All rights reserved.*

Corresponding Author:

Third Author,

Departement of Electrical and Computer Engineering,

National Chung Cheng University,

168 University Road, Minhsiung Township, Chiayi County 62102, Taiwan, ROC.

Email: lsntl@ccu.edu.tw

1. INTRODUCTION

Perkembangan teknologi dalam dunia pendidikan telah memberikan peluang besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya di lingkungan perguruan tinggi vokasi seperti Politeknik Negeri Batam. Penerapan teknologi terkini menjadi faktor kunci dalam menciptakan proses belajar yang lebih efektif, efisien, serta menarik, terutama dalam bidang-bidang spesifik seperti teknik aviasi. Salah satu inovasi yang dikembangkan untuk mendukung tujuan tersebut adalah aplikasi *FLIGHTECH IMMERSION*, yaitu sebuah aplikasi berbasis teknologi *Virtual Reality* yang dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang imersif dalam mengeksplorasi dunia aviasi.

Berdasarkan hasil riset bersama Kepala Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara (TPPU), penerapan teknologi *Virtual Reality* diharapkan dapat menghadirkan lingkungan virtual yang menyerupai kondisi nyata. Dengan adanya hanggar dan pesawat asli yang telah tersedia di Politeknik Negeri Batam sebagai sarana praktik, pemanfaatan *Virtual Reality* bertujuan untuk melengkapi proses pembelajaran dengan cara yang lebih interaktif dan imersif. Teknologi ini memungkinkan mahasiswa untuk menjelajahi dan memahami komponen-komponen pesawat secara mendalam tanpa keterbatasan akses fisik, sehingga memberikan nilai tambah dalam pembelajaran formal berbasis teknologi digital [1].

Pesawat terbang tersusun atas berbagai komponen vital yang saling terintegrasi untuk menjamin keselamatan dan efisiensi operasional. Pemahaman terhadap fungsi serta interaksi antar komponen menjadi

aspek penting dalam dunia aviasi. Aplikasi *FLIGHTECH IMMERSION* memungkinkan pengguna untuk mempelajari komponen-komponen tersebut secara virtual, memberikan wawasan mendalam sekaligus menjadikan proses belajar lebih menarik dan aman.

Untuk meningkatkan kualitas interaksi dalam aplikasi, teknologi *Hand Tracking* diterapkan sebagai metode kontrol alami bagi pengguna. Teknologi ini memungkinkan sistem untuk mengenali gerakan tangan dan jari pengguna sebagai perintah input tanpa memerlukan perangkat tambahan seperti kontroler fisik [2]. Dalam aplikasi *FLIGHTECH IMMERSION*, pengguna dapat berinteraksi langsung dengan objek-objek virtual melalui gerakan tangan, menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan imersif [3].

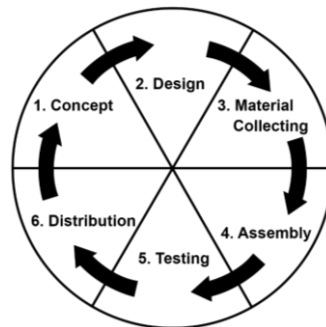
Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Oculus Meta Quest 2*, yang mendukung fitur *Hand Tracking* secara mandiri. Perangkat ini memanfaatkan pelacakan visual untuk mendeteksi posisi tangan dan sudut jari pengguna secara real-time, sehingga memungkinkan interaksi yang presisi dengan lingkungan virtual [4]. Integrasi teknologi *Virtual Reality* dan *Hand Tracking* diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran serta memberikan kontribusi positif terhadap penerapan teknologi berbasis digital di bidang aviasi.

Dengan demikian, penelitian ini difokuskan pada perancangan aplikasi *Virtual Reality* dengan integrasi teknologi *Hand Tracking* dan pengukuran tingkat kelayakan penggunaannya sebagai media pembelajaran. Melalui pendekatan ini, aplikasi *FLIGHTECH IMMERSION* diharapkan dapat menjadi sarana inovatif yang memperkaya pemahaman mahasiswa terhadap dunia aviasi secara menyeluruh, serta layak diimplementasikan dalam konteks pendidikan vokasi.

2. RESEARCH METHOD

2.1 Metode Perancangan Produk

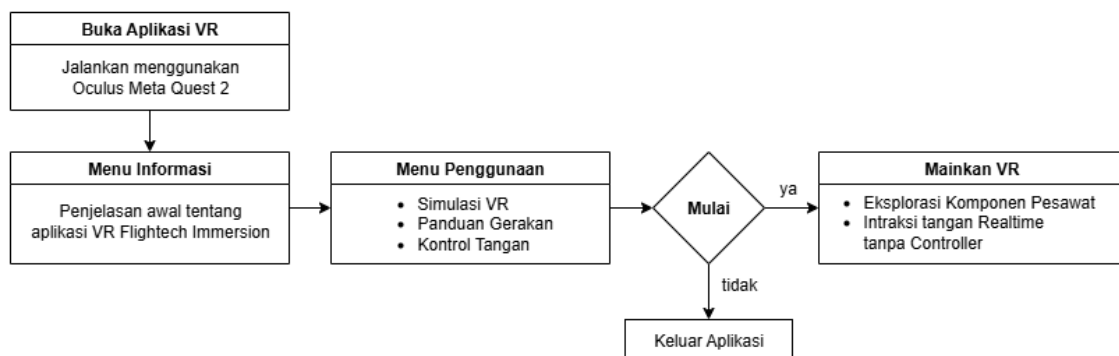
Perancangan aplikasi *Virtual Reality FLIGHTECH IMMERSION* dalam penelitian ini menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Metode ini dipilih karena memberikan pendekatan yang sistematis sekaligus fleksibel dalam proses pengembangan produk multimedia interaktif. MDLC dikembangkan oleh Luther Sutopo yang terdiri dari enam tahapan utama, yaitu: *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution* [5].



Gambar 1 Tahapan Metode MDLC

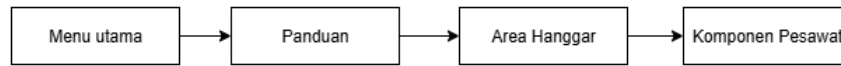
Adapun penjelasan dari masing-masing tahapan MDLC adalah sebagai berikut:

1. **Concept:** Pada tahap ini, dirancang ide dasar dan tujuan aplikasi, yaitu menghadirkan pengalaman belajar yang interaktif dan imersif melalui visualisasi 3D komponen pesawat dan interaksi berbasis *hand tracking*.



Gambar 2 Flowmap konsep aplikasi VR FLIGHTECH IMMERSION

2. **Design:** Tahap ini difokuskan pada pembuatan desain antarmuka pengguna (UI) dan pengalaman pengguna (UX) sebagai dasar pengembangan aplikasi *Virtual Reality*. Desain 2D dibuat menggunakan *Adobe Illustrator* dengan palet warna dominan biru hingga ungu gradasi untuk memberi kesan modern dan edukatif. Navigasi dalam aplikasi dirancang menggunakan gesture seperti pinch untuk memilih, swipe untuk berpindah, dan *open-hand* untuk kembali. Struktur navigasinya terdiri dari:



Gambar 3 Struktur Navigasi

Ikon dan tombol disusun secara intuitif untuk membantu orientasi pengguna di lingkungan 3D, sehingga pengalaman belajar terasa lebih alami dan interaktif

3. **Material Collecting:** Mengumpulkan seluruh bahan pendukung seperti model 3D pesawat dan hanggar, desain elemen UI/UX, serta referensi teknis. Semua aset ini dipersiapkan agar sesuai dengan kebutuhan konten aplikasi.
4. **Assembly:** Proses pembangunan dilakukan di platform *Unity Engine*. Semua elemen dikombinasikan menjadi aplikasi yang utuh, termasuk integrasi fitur interaktif seperti gerakan tangan dan navigasi virtual. Tahap ini memastikan seluruh komponen berjalan secara terkoordinasi.
5. **Testing:** Pengujian dilakukan menggunakan metode Black-Box Testing, yaitu pengujian fungsionalitas tanpa melihat struktur kode program. Pengujian difokuskan pada fitur utama yang berhubungan langsung dengan interaksi pengguna melalui teknologi *Hand Tracking* dan visualisasi 3D [6]. Tabel berikut merangkum fitur yang diuji dalam aplikasi *FLIGHTECH IMMERSION*:

Tabel 1 Pengujian Aplikasi FLIGHTECH IMMERSION

No	Fitur yang Dirancang	Fungsi yang Akan Diuji
1	Navigasi Menu	Memastikan pengguna dapat bernavigasi melalui menu utama aplikasi dengan <i>hand tracking</i> .
2	Eksplorasi Komponen Pesawat	Memastikan pengguna dapat memutar, memperbesar, dan memperkecil model 3D komponen pesawat.
3	Tampilan Informasi Teknis	Memastikan informasi teknis komponen pesawat ditampilkan saat komponen dipilih.
4	Respon Interaksi <i>Hand Tracking</i>	Menguji kecepatan dan keakuratan aplikasi dalam mendeteksi gerakan tangan pengguna.
5	Tombol Keluar (<i>Exit</i>)	Memastikan aplikasi keluar dengan benar saat tombol <i>Exit</i> digunakan.
6	Tampilan Model 3D	Memastikan model 3D komponen pesawat terlihat jelas dan detail di aplikasi.
7	Animasi Interaksi	Memastikan animasi interaksi seperti memutar atau memperbesar model berjalan lancar.
8	Informasi Komponen Pesawat	Memastikan setiap komponen memiliki informasi teknis yang sesuai dan lengkap.

6. **Distribution:** Aplikasi didistribusikan kepada Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara (TPPU) Politeknik Negeri Batam. Produk ini diharapkan menjadi media pembelajaran interaktif yang efektif dan inovatif di lingkungan pendidikan vokasi.

2.2 Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif, yang bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis, faktual, dan akurat tingkat kelayakan dan efektivitas aplikasi *FLIGHTECH IMMERSION* sebagai media pembelajaran berbasis *Virtual Reality* dengan integrasi teknologi *Hand Tracking*. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis persepsi dan pengalaman pengguna dalam mengeksplorasi komponen pesawat setelah menggunakan aplikasi. Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan pengukuran numerik terhadap aspek kemudahan penggunaan, fungsionalitas, kualitas konten, efektivitas interaksi, dan kepuasan pengguna. Data dikumpulkan melalui instrumen kuesioner, kemudian diolah dan dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif, seperti perhitungan rata-rata skor dan distribusi frekuensi. [7].

Untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil penelitian, tahap analisis diawali dengan penetapan kriteria responden yang sesuai, dilanjutkan dengan penentuan jumlah sampel yang representatif, pemilihan dan perancangan instrumen pengumpulan data, serta penetapan teknik pengolahan data [8]. Penjabaran lebih lanjut mengenai setiap tahap tersebut disampaikan dalam sub bab berikut ini:

2.2.1 Kriteria Responden

Untuk menjaga validitas dan relevansi data yang dikumpulkan, responden dalam penelitian ini ditetapkan secara purposive, yaitu dipilih secara sengaja berdasarkan kesesuaian dengan tujuan penelitian. Kriteria responden ditentukan sebagai berikut:

Title of manuscript is short and clear, implies research results (First Author)

1. Mahasiswa aktif dari Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara (TPPU) semester 2 di Politeknik Negeri Batam, yang dinilai memiliki kompetensi dan pemahaman dasar mengenai komponen pesawat, sehingga sesuai dengan konteks pembelajaran dalam aplikasi *FLIGHTECH IMMERSION*.
2. Belum pernah menggunakan aplikasi *FLIGHTECH IMMERSION* sebelumnya, guna memastikan bahwa pengalaman eksplorasi dalam penelitian ini bersifat awal (*first-time user experience*).

Penetapan kriteria ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh benar-benar mencerminkan efektivitas aplikasi dalam mendukung proses pembelajaran pada kelompok pengguna yang sesuai secara akademik, sambil tetap mempertimbangkan keberagaman pengalaman mereka dalam penggunaan teknologi *Virtual Reality* [9].

2.2.2 Teknik Penentuan Jumlah Sampel

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas objek atau subjek yang memiliki kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulan. Populasi tidak terbatas pada manusia, tetapi juga mencakup objek dan benda lainnya, serta tidak hanya sebatas jumlah, melainkan meliputi seluruh karakteristik dan sifat yang dimiliki oleh subjek atau objek tersebut [10]. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mahasiswa aktif Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara (TPPU) semester 2 di Politeknik Negeri Batam yang berjumlah 98 orang.

Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *non-probability sampling* dengan pendekatan *purposive sampling*, yaitu metode pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian. Responden dipilih secara khusus dari kalangan mahasiswa aktif TPPU yang memiliki latar belakang keilmuan yang relevan dengan konten pembelajaran dalam aplikasi *Virtual Reality FLIGHTECH IMMERSION* [11].

Pemilihan teknik *purposive sampling* didasarkan pada keterbatasan waktu, dan akses terhadap seluruh populasi, sehingga peneliti secara sengaja memilih responden yang dianggap mampu memberikan data yang valid dan relevan. Dari total populasi sebanyak 98 orang, jumlah responden yang berhasil dikumpulkan sebanyak 32 orang. Jumlah ini dianggap memadai untuk dianalisis secara kuantitatif deskriptif, sebagaimana dijelaskan oleh Sugiyono, bahwa dalam kondisi tertentu, pengambilan sampel secara *purposive* dapat dilakukan untuk memperoleh data yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian [12].

2.2.3 Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan instrumen angket (kuesioner) yang dirancang secara terstruktur. Kuesioner ini terdiri dari 10 pernyataan yang disusun berdasarkan Skala Likert 1 - 5 poin [13], dengan rentang skor sebagai berikut:

Skor	Kategori
5	Sangat Setuju (SS)
4	Setuju (S)
3	Ragu-ragu (RG)
2	Tidak Setuju (TS)
1	Sangat Tidak Setuju (STS)

Pernyataan-pernyataan dalam kuesioner dikelompokkan ke dalam lima aspek utama yang merepresentasikan pengalaman pengguna selama menggunakan aplikasi *Virtual Reality* (VR). Kelima aspek tersebut adalah sebagai berikut [14]:

1. Kemudahan Penggunaan (*Ease of Use*) - Penggunaan *Hand Tracking* membuat aplikasi ini lebih intuitif dan mudah diakses, bahkan bagi pengguna yang belum terbiasa dengan teknologi *Virtual Reality*.
2. Fungsionalitas dan Interaktivitas (*Functionality and Interactivity*) - Mengevaluasi keakuratan dan responsivitas fitur utama seperti *Hand Tracking*, serta sejauh mana fitur-fitur tersebut dapat mendukung eksplorasi komponen pesawat secara interaktif dan imersif.
3. Efektivitas Visualisasi dan Pemahaman Materi (*Visualization and Learning Effectiveness*) - Mengukur kemampuan aplikasi dalam menyajikan informasi visual yang jelas, serta mendukung pemahaman cepat terhadap struktur dan fungsi komponen pesawat dalam bentuk 3D interaktif.
4. Kualitas dan Relevansi Konten (*Content Quality and Relevance*) - Menilai apakah informasi teknis yang disajikan akurat, sesuai dengan materi pembelajaran, dan relevan bagi mahasiswa Teknik Perawatan Pesawat Udara.
5. Kepuasan dan Dampak Penggunaan (*User Satisfaction and Learning Impact*) - Mengukur kepuasan keseluruhan pengguna terhadap pengalaman menggunakan aplikasi, serta potensi aplikasi dalam meningkatkan motivasi belajar dan rekomendasi terhadap pengguna lain.

Masing-masing aspek diwakili oleh 2 hingga 3 pernyataan yang dirancang untuk menangkap persepsi dan pengalaman pengguna secara menyeluruh.

2.2.4 Teknik Pengolahan Data

Data yang diperoleh melalui kuesioner dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif dengan menghitung rata-rata skor untuk setiap pernyataan dan setiap aspek yang diukur. Langkah-langkah pengolahan data dilakukan sebagai berikut:

1. Setiap jawaban responden diberi bobot sesuai skala Likert (1–5).
2. Untuk setiap pernyataan, dihitung total skor dari seluruh responden.
3. Dilakukan perhitungan rata-rata skor per aspek, berdasarkan skor seluruh pernyataan dalam aspek tersebut. Adapun perhitungan rata-rata skor aspek menggunakan rumus berikut [15]:

$$\text{Rata-rata Skor Aspek} = \frac{\text{Total Skor}}{\text{Jumlah Responden}}$$

Untuk menginterpretasikan rata-rata skor yang diperoleh, digunakan klasifikasi tingkat kelayakan berdasarkan rumus interval kategori menurut Supranto [16] sebagai berikut:

Rumus Interval:

$$\text{Interval} = \frac{\text{Skor tertinggi} - \text{Skor terendah}}{\text{Jumlah kelas interval}}$$

Dengan:

- Skor tertinggi = 5
- Skor terendah = 1
- Jumlah kategori = 5

$$\text{Interval} = \frac{5-1}{5} = \frac{4}{5} = 0,8$$

Berdasarkan interval tersebut, hasil analisis diklasifikasikan ke dalam lima kategori sebagai berikut:

Rentang Skor	Kategori
4,21 – 5,00	Sangat Layak
3,41 – 4,20	Layak
2,61 – 3,40	Cukup Layak
1,81 – 2,60	Tidak Layak
1,00 – 1,80	Sangat Tidak Layak

Klasifikasi ini digunakan untuk menilai tingkat kelayakan dan persepsi pengguna terhadap aplikasi *FLIGHTTECH IMMERSION* berdasarkan hasil tanggapan kuesioner.

3. RESULTS AND ANALYSIS

3.1 Hasil Perancangan dan Pengujian Produk

Berdasarkan metode perancangan menggunakan MDLC maka di peroleh hasil perancangan dan pengujian produk sebagai berikut:

1. **Concept:** Pada tahap ini, dirumuskan ide dasar pengembangan aplikasi *FLIGHTTECH IMMERSION* sebagai media pembelajaran interaktif berbasis *Virtual Reality* dengan integrasi *Hand Tracking*. Aplikasi ditujukan untuk membantu mahasiswa Teknik Perawatan Pesawat Udara dalam memahami komponen pesawat secara virtual. Materi yang disusun disesuaikan dengan kurikulum dan kebutuhan pembelajaran mahasiswa semester awal.
2. **Design:** Tahapan desain pada bagian ini menampilkan hasil rancangan antarmuka pengguna (UI) dan pengalaman pengguna (UX) yang diterapkan pada aplikasi *FLIGHTTECH IMMERSION*.



Gambar 4 Tampilan Menu Informasi

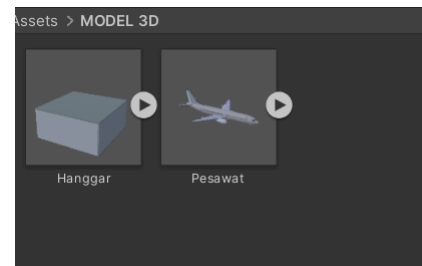


Gambar 5 Tampilan Menu Penggunaan

3. **Material Collecting:** Mengumpulkan aset UI/UX dan model 3D sebagai elemen utama tampilan dan interaksi aplikasi FLIGHTTECH IMMERSION.

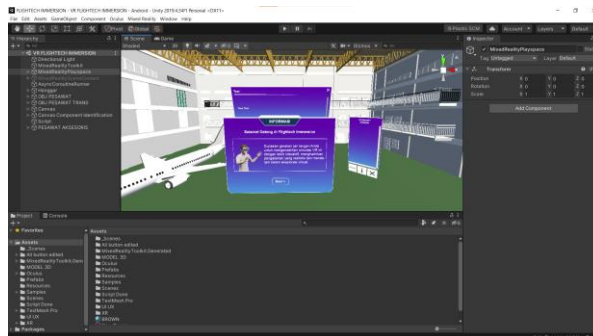


Gambar 6 Aset 2D UI UX



Gambar 7 Aset Model 3D

4. **Assembly:** Gambar berikut menunjukkan hasil tahap *assembly*, seluruh elemen berhasil dikombinasikan dalam *Unity Engine* menjadi satu aplikasi utuh. Fitur interaktif seperti gerakan tangan dan navigasi virtual telah terintegrasi dengan baik, dan semua komponen berfungsi secara terkoordinasi.



Gambar 8 Tampilan Tahap Assambly

5. **Testing:** Pengujian aplikasi dilakukan menggunakan metode *Black-box Testing* terhadap delapan fitur utama [6]. Adapun hasil pengujian *Black-box Testing* sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil pengujian black-box testing

No	Fitur yang Diuji	Hasil Pengujian	Status
1	Navigasi <i>Menu</i>	Menu utama dapat diakses dengan baik menggunakan gerakan tangan. Responsif dan mudah digunakan.	Berhasil
2	Eksplorasi Komponen Pesawat	Pengguna dapat memutar, memperbesar, dan memperkecil model 3D dengan hand tracking. Tidak ada delay signifikan.	Berhasil
3	Tampilan Informasi Teknis	Saat komponen disentuh, informasi teknis tampil secara otomatis dan terbaca dengan jelas.	Berhasil
4	Respon Interaksi <i>Hand Tracking</i>	Gerakan tangan terdeteksi dalam < 0.5 detik. Presisi gerakan tinggi, meski sedikit delay pada cahaya rendah.	Berhasil
5	Tombol Keluar (<i>Exit</i>)	Aplikasi keluar dengan benar saat tombol Exit ditekan. Tidak terjadi error atau crash.	Berhasil
6	Tampilan Model 3D	Model terlihat jelas, detail permukaan komponen tampil baik. Resolusi tekstur optimal.	Berhasil
7	Animasi Interaksi	Animasi berjalan mulus tanpa lag. Gerakan memperbesar dan memutar terasa alami.	Berhasil
8	Informasi Komponen Pesawat	Semua komponen memiliki informasi lengkap dan relevan sesuai data teknis.	Berhasil

Sumber: Data Olahan, 2025

Hasil menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan sesuai fungsinya. Navigasi menu dapat dilakukan dengan lancar, interaksi *Hand Tracking* merespons dengan baik, serta tampilan 3D komponen pesawat ditampilkan secara detail dan responsif.

6. **Distribution:** Aplikasi telah didistribusikan kepada Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara (TPPU) Politeknik Negeri Batam. Produk ini berpotensi menjadi media pembelajaran interaktif yang efektif dan inovatif dalam mendukung proses pendidikan di lingkungan vokasi."



Gambar 9 Distribusi VR FLIGHTTECH IMMERSION

3.2 Visualisasi Produk

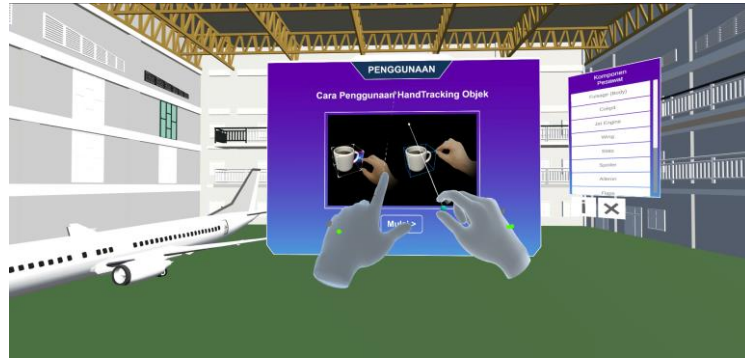
Untuk memberikan gambaran lebih konkret mengenai tampilan dan alur penggunaan aplikasi *FLIGHTTECH IMMERSION*, berikut adalah dokumentasi visual dari tahap-tahap penggunaan aplikasi:

Gambar 9 memperlihatkan tampilan menu utama dari aplikasi *FLIGHTTECH IMMERSION*. Antarmuka dirancang secara sederhana dan intuitif, sehingga memungkinkan pengguna untuk melanjutkan ke proses eksplorasi komponen pesawat hanya dengan menggunakan gerakan tangan melalui teknologi *Hand Tracking*.



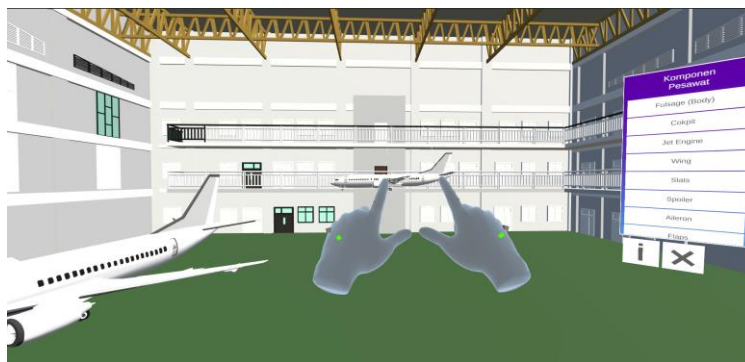
Gambar 10 Tampilan Menu Utama Aplikasi FLIGHTTECH IMMERSION

Gambar 10 menunjukkan tampilan panduan penggunaan aplikasi. Di tahap ini, pengguna diberikan informasi singkat tentang bagaimana cara melakukan eksplorasi dan interaksi dengan objek virtual menggunakan gerakan tangan, seperti mengarahkan telapak tangan ke tombol atau mencubit untuk memilih objek.



Gambar 11 Panduan Penggunaan Aplikasi Menggunakan Hand Tracking

Gambar 11 memperlihatkan tampilan awal ruang eksplorasi. Di area ini, model 3D pesawat dan berbagai komponen ditampilkan secara menyeluruh. Pengguna dapat memilih objek tertentu untuk mulai mengeksplorasi secara detail.



Gambar 12 Area Eksplorasi Komponen Pesawat

Setelah pengguna memilih salah satu objek komponen pesawat, seperti terlihat pada Gambar 12, objek akan ditampilkan dalam bentuk 3D interaktif. Pengguna dapat memutar, memperbesar, atau memperkecil objek menggunakan gerakan tangan, serta melihat informasi teknis terkait komponen yang sedang dipilih.



Gambar 13 Interaksi Komponen Pesawat dan Tampilan Informasi Teknis

3.3 Hasil Analisis Produk

Analisis kuantitatif dilakukan terhadap data kuesioner yang dikumpulkan dari 32 responden, yaitu mahasiswa Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara. Instrumen kuesioner menggunakan skala Likert 1–5 dan mencakup lima aspek utama, yaitu: kemudahan penggunaan, fungsionalitas dan interaktivitas, efektivitas visualisasi dan pemahaman materi, kualitas dan relevansi konten, serta kepuasan pengguna dan dampak penggunaan.

Tabel 5 Hasil Analisis Data Kuesioner

No	Pernyataan	Jawaban					Jumlah	Rata-Rata Skor Aspek	Ket
		SS	S	RG	TS	STS			
1	Aplikasi FLIGHTTECH IMMERSION mudah digunakan bahkan oleh pengguna yang belum terbiasa dengan teknologi VR.	12	15	4	0	1	32	4,16	Layak
	Skor Total	60	60	12	0	1	133		
2	Navigasi dan tombol pada aplikasi mudah dipahami tanpa memerlukan panduan tambahan.	15	9	7	1	0	32	4,19	Layak
	Skor Total	75	36	21	2	0	134		
3	Fitur Hand Tracking (gerakan tangan) dalam aplikasi ini bekerja dengan baik dan mudah digunakan.	13	16	3	0	0	32	4,31	Sangat Layak
	Skor Total	65	64	9	0	0	138		
4	Aplikasi membantu saya mengenali komponen utama pesawat melalui lingkungan virtual secara jelas.	21	8	3	0	0	32	4,56	Sangat Layak
	Skor Total	105	32	9	0	0	146		
5	Informasi yang ditampilkan mudah dipahami dan tidak membingungkan.	19	10	3	0	0	32	4,50	Sangat Layak
	Skor Total	95	40	9	0	0	144		
6	Saya dapat memahami materi komponen pesawat dalam waktu relatif singkat dengan menggunakan aplikasi ini.	17	13	2	0	0	32	4,47	Sangat Layak
	Skor Total	85	52	6	0	0	143		
7	Konten yang disajikan dalam aplikasi sesuai dengan materi pembelajaran teknik pesawat.	14	15	3	0	0	32	4,34	Sangat Layak
	Skor Total	70	60	9	0	0	139		
8	Informasi teknis yang tersedia pada setiap komponen pesawat relevan dan bermanfaat.	18	13	1	0	0	32	4,53	Sangat Layak
	Skor Total	90	52	3	0	0	145		
9	Saya merasa puas dengan pengalaman belajar menggunakan aplikasi ini.	17	11	4	0	0	32	4,41	Sangat Layak
	Skor Total	85	44	12	0	0	141		
10	Saya akan merekomendasikan aplikasi ini kepada rekan atau mahasiswa lain.	23	9	0	0	0	32	4,72	Sangat Layak
	Skor Total	115	36	0	0	0	151		
Jumlah Keseluruhan		845	476	90	2	1	1414	4,42	Sangat Layak

Sumber: Data Olahan, 2025

Berdasarkan hasil analisis data kuesioner dari 32 responden, aplikasi *FLIGHTTECH IMMERSION* memperoleh skor rata-rata keseluruhan sebesar 4,42, yang dikategorikan sebagai Sangat Layak. Hasil ini mengindikasikan bahwa aplikasi telah memenuhi kriteria kelayakan sebagai media pembelajaran berbasis *Virtual Reality* dengan integrasi teknologi *Hand Tracking* di lingkungan pendidikan vokasi.

Fitur *Hand Tracking* yang menjadi inti dari inovasi pengembangan aplikasi menunjukkan performa optimal dengan skor tinggi pada aspek fungsionalitas dan interaktivitas. Hal ini mengonfirmasi bahwa pengguna dapat melakukan eksplorasi terhadap objek 3D secara interaktif dan akurat tanpa memerlukan perangkat input tambahan, sehingga memperkuat aspek imersif dalam proses pembelajaran.

Selain itu, aspek kemudahan penggunaan, kejelasan penyampaian informasi, kualitas konten, serta tingkat kepuasan pengguna juga menunjukkan hasil evaluasi yang sangat positif. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian, yaitu merancang dan mengevaluasi kelayakan aplikasi *Virtual Reality* dengan integrasi teknologi *Hand Tracking* sebagai media pembelajaran eksploratif komponen pesawat, telah tercapai secara optimal.

4. CONCLUSION

Aplikasi *FLIGHTTECH IMMERSION* telah berhasil dikembangkan sebagai media pembelajaran berbasis *Virtual Reality* dengan integrasi teknologi *Hand Tracking* untuk mendukung eksplorasi komponen pesawat secara interaktif. Pengembangan menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)* menghasilkan aplikasi yang responsif, intuitif, dan menyajikan konten edukatif yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran vokasi di bidang teknik penerbangan. Hasil pengujian fungsionalitas menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan sesuai dengan rancangan. Pengujian yang dilakukan bersama dosen ahli melalui pendekatan *Black-box Testing* menunjukkan bahwa aplikasi memenuhi aspek kelayakan dari segi antarmuka, interaktivitas, dan efektivitas penyampaian materi. Berdasarkan analisis data kuesioner yang dihimpun dari 32

Title of manuscript is short and clear, implies research results (First Author)

responden, aplikasi memperoleh skor rata-rata 4,42, yang dikategorikan Sangat Layak. Penilaian positif diberikan pada aspek kemudahan penggunaan, akurasi interaksi Hand Tracking, efektivitas visualisasi informasi, kualitas konten, dan tingkat kepuasan pengguna.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai, yaitu merancang dan mengevaluasi kelayakan aplikasi Virtual Reality dengan integrasi Hand Tracking sebagai media pembelajaran eksploratif untuk komponen pesawat. Ke depan, pengembangan lebih lanjut dapat difokuskan pada perluasan materi pembelajaran serta integrasi fitur evaluasi hasil belajar berbasis interaksi pengguna.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung proses penyusunan tugas akhir ini. Ucapan khusus disampaikan kepada Bapak Ardiman Firminda selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan motivasinya. Terima kasih juga kepada Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara Politeknik Negeri Batam atas dukungan fasilitas dan partisipasi dalam uji coba aplikasi, serta kepada seluruh responden yang telah mengisi kuesioner.

Penghargaan dan rasa terima kasih yang mendalam juga penulis sampaikan kepada keluarga tercinta atas doa dan semangatnya. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi dunia pendidikan vokasi, khususnya dalam pemanfaatan teknologi Virtual Reality di bidang teknik aviasi.

REFERENCES

- [1] J. T. Informatika and D. Komputer, "Implementasi Unity Engine Pada Aplikasi Virtual Reality Sebagai Media Pemasaran Program Studi Teknik Multimedia Digital," 2021.
- [2] M. Arif *et al.*, "Biner: Jurnal Ilmu Komputer, Teknik dan Multimedia Sistem Pendeteksi Tangan Berbasis Mediapipe Dan OpenCV Untuk Pengenalan Gerakan," 2024. [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/Biner>
- [3] P. Diseminasi and F. Genap, "Implementasi Hand Tracking Pada Markerless Augmented Reality Dalam Aplikasi Pembelajaran Angklung Arya Dwi Rachmanto, Youllia Indrawaty Nurhasanah," 2021.
- [4] D. Abdulkarim *et al.*, "A Methodological Framework to Assess the Accuracy of Virtual Reality Hand-Tracking Systems: A case study with the Oculus Quest 2," Feb. 20, 2022. doi: 10.1101/2022.02.18.481001.
- [5] I. And and D. Expert, "Pengembangan Aplikasi Media Pembelajaran Sekolah Dasar Menggunakan Metode Multimedia Development Life Cycle (MDLC) INFORMASI ARTIKEL A B S T RAK," 2021. [Online]. Available: <https://e-journal.unper.ac.id/index.php/informatics>
- [6] A. Sofyan Anas, M. Tajuddin, D. R. Fanny, and P. Ardi, "JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia <https://journal.sekawan-org.id/index.php/jtim/> Desain Scanner untuk Digitalisasi Naskah Lontar Aksara Sasak dengan Smart Phone Menggunakan Black Box Testing," *JTIM 2022*, vol. 4, no. 3, pp. 186–196, 2022, doi: 10.35746/jtim.v4i3.260.
- [7] S. Noperi and D. Sutopo, "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Video Animasi 3d Pada Materi Operasional Mesin Gerinda Datar Development Of 3d Animation Video-Based Learning Media On Surface Grinding Machine Operational Materials," 2022. [Online]. Available: <http://journal.student.uny.ac.id/ojs/index.php/mesin/issue/archive>
- [8] R. Nur Amalia, R. Setia Dianingati, and E. Annisaa, "Pengaruh Jumlah Responden Terhadap Hasil Uji Validitas Dan Reliabilitas Kuesioner Pengetahuan Dan Perilaku Swamedikasi," *Generics : Journal of Research in Pharmacy Accepted : 4 Mei*, vol. 2, no. 1, 2022.
- [9] P. Biringkanee and R. R. Bunahri, "The Influence of Using Virtual Reality-Based Learning Media on Increasing Learning Motivation, Practical Skills, and Learning Outcomes of Jayapura Aviation Polytechnic Students," *DIJEMSS*, vol. 6, no. 1, 2024, doi: 10.38035/dijemss.v6i1.
- [10] Sugiyono, "Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Kombinasi (Mix Methods). Bandung: Alfabeta, 2017."
- [11] I. Lenaini and R. Artikel, "Teknik Pengambilan Sampel Purposive Dan Snowball Sampling Info Artikel Abstrak," vol. 6, no. 1, pp. 33–39, 2021, doi: 10.31764/historis.vXiY.4075.
- [12] M. A. Memon, R. Thuramamy, H. Ting, and J. H. Cheah, "Purposive Sampling: A Review And Guidelines For Quantitative Research," *Journal of Applied Structural Equation Modeling*, vol. 9, no. 1, pp. 1–23, 2025, doi: 10.47263/JASEM.9(1)01.
- [13] S. Munir and M. W. Nugroho, "Analisis Dan Evaluasi Desain Web Profil Sekolah Dengan Pendekatan Nielsen Usability Model," *Jurnal Informatika Terpadu*, vol. 8, no. 2, pp. 104–108, 2022, [Online]. Available: <https://journal.nurulfikri.ac.id/index.php/JIT>
- [14] Y. M. Kim and I. Rhiu, "Development of a virtual reality system usability questionnaire (VRSUQ)," *Appl Ergon*, vol. 119, p. 104319, 2024.
- [15] C. Starbuck, "Descriptive Statistics," in *The Fundamentals of People Analytics*, Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 97–120. doi: 10.1007/978-3-031-28674-2_7.
- [16] R. Al Faruq, "Pengembangan Modul Pembelajaran 3D Modeling Desain Interior Berbasis SketchUp Kelas XII Program Keahlian Desain Pemodelan dan Informasi Bangunan di SMK Negeri 1 Pajangan," 2024.