

# Pengembangan dan Optimasi Model 3D Komponen Pesawat Menggunakan *Blender* untuk Aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION*

Yasmin Putri Noor Anggraeni\*, Ardiman Firmanda\*\*

\* Teknologi Rekayasa Multimedia, Politeknik Negeri Batam

\*\* Teknologi Rekayasa Multimedia, Politeknik Negeri Batam

---

## Article Info

### Article history:

Received Jun 12<sup>th</sup>, 201x

Revised Aug 20<sup>th</sup>, 201x

Accepted Aug 26<sup>th</sup>, 201x

---

### Keyword:

3D Model

Blender

Optimization

Virtual Reality

Oculus Meta Quest 2

---

## ABSTRACT

To support immersive education in the field of aviation through the VR *FLIGHTECH IMMERSION* application at Batam State Polytechnic, this study focuses on the development and optimization of 3D models of Boeing 737-400 aircraft components and a hangar. The modeling process was carried out manually using *Blender*, as the TPPU program does not yet have 3D scanning tools such as photogrammetry, LiDAR, or NeRF. Optimization was performed by reducing polygon complexity, particularly the number of vertices, edges, faces, and triangles, using a simple yet effective method known as linked duplicate (*Alt-D*), which helps maintain performance without compromising visual quality. The optimized 3D models were integrated into Unity and tested using the *Oculus Meta Quest 2* in standalone mode. Performance testing, conducted using the *Visual Profiler* plugin, showed consistent results achieving an average of 72 FPS across all components. Additionally, a survey involving 32 respondents was conducted using Likert-scale statements to evaluate the model's visual quality, realism, and overall suitability. The results indicated that the majority of respondents gave positive responses, suggesting that the developed models are appropriate and effective for use in virtual reality environments.

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, khususnya teknologi *Virtual Reality* (VR), telah memberikan kontribusi besar dalam berbagai bidang, terutama karena kemampuannya menciptakan pengalaman visual dan multimedia yang interaktif [1]. VR memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan lingkungan tiga dimensi secara imersif, menciptakan pengalaman yang menarik dan interaktif. Hal ini memungkinkan penyampaian informasi yang lebih efektif, serta memberikan cara baru dalam memahami dan mengakses berbagai pengetahuan dengan cara yang lebih mendalam.

Hanggar pesawat di Politeknik Negeri Batam merupakan fasilitas pembelajaran yang mendukung mahasiswa Teknik Perawatan Pesawat Udara (TPPU) dalam memahami dunia aviasi. Hanggar ini dilengkapi dengan beberapa jenis pesawat, salah satunya pesawat *Boeing 737-400*, yang digunakan sebagai media praktik untuk mempelajari komponen-komponen pesawat. Selain menjadi sarana pembelajaran mahasiswa, hanggar ini juga direncanakan untuk dibuka bagi masyarakat umum agar memberikan kesempatan bagi mereka untuk menjelajahi dunia aviasi secara lebih dekat. Agar eksplorasi ini menjadi lebih menarik dan efektif, diperlukan media yang mampu menghadirkan pengalaman edukatif yang imersif. Sebagai solusi atas kebutuhan tersebut,

muncul inovasi baru untuk merancang model 3D dalam membangun komponen pesawat dan hanggar untuk digunakan dalam aplikasi VR [2].

Dalam penelitian ini, aplikasi VR yang digunakan adalah VR *FLIGHTECH IMMERSION* yang dirancang untuk menghadirkan pengalaman interaktif dan edukatif dalam dunia aviasi. Kualitas pengalaman dalam aplikasi ini sangat bergantung pada model 3D yang digunakan. Proses pembuatan model dilakukan menggunakan perangkat lunak seperti *Blender*, yang mendukung pembuatan model berkualitas tinggi dengan fleksibilitas dalam perancangan dan optimasi [3]. Berbeda dengan kebutuhan model 3D untuk visualisasi statis seperti film atau desain arsitektur, dalam perancangan model 3D untuk VR diperlukan pengoptimalan pada model tersebut agar dapat berjalan lancar. Karena di lingkungan Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara (TPPU) belum tersedia alat pemindaian 3D seperti *photogrammetry*, LiDAR, NeRF, serta model 3D yang digunakan mahasiswa selama ini umumnya berupa file yang sudah jadi dari dosen, maka penulis melakukan proses pemodelan 3D secara manual menggunakan *Blender* [4].

Pengoptimalan model 3D dalam penelitian ini mencakup jumlah *vertex*, *edges*, *faces*, dan *triangles* karena faktor-faktor ini menentukan kualitas model 3D yang baik untuk mencapai FPS (*Frame Per Second*) yang tinggi. Pengoptimalan ini sangat penting agar model 3D dapat berjalan dengan baik dalam aplikasi VR, khususnya pada perangkat dengan keterbatasan teknis. Proses ini memastikan bahwa model tetap mempertahankan kualitas visual yang diperlukan, tetapi juga efisiensi dari segi pemrosesan, sehingga pengalaman pengguna dalam aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION* tetap imersif dan lancar. Fokus utama dalam optimasi ini adalah mengoptimalkan kompleksitas model tanpa mengurangi detail yang esensial untuk pengalaman yang realistis dan interaktif.

Namun, sebagian besar penelitian serupa lebih menekankan pada visualisasi tanpa memperhatikan aspek teknis performa model 3D dalam aplikasi VR. Penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut dengan mengoptimalkan jumlah *vertex*, *edges*, *faces*, dan *triangles* guna menjaga performa aplikasi tetap stabil. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah penerapan optimasi teknis model 3D untuk mendukung pengalaman imersif yang efisien di perangkat VR, seperti *Oculus Quest 2*.

Melalui penelitian ini, diharapkan pengembangan dan optimasi model 3D dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan pengalaman menggunakan aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION*. Dengan mengoptimalkan jumlah *vertex*, *edges*, *faces*, dan *triangles* pada model 3D pesawat dan hanggar, diharapkan kinerja aplikasi VR dapat berjalan lebih efisien, terutama dalam penggunaan *headset* VR dengan kinerja yang terbatas.

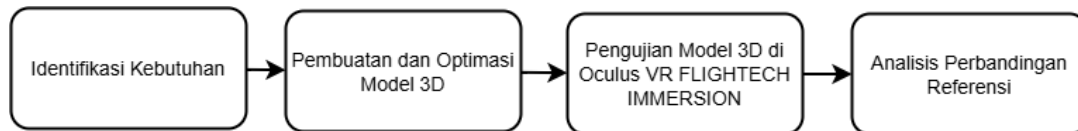
## 2. RESEARCH METHOD

### 2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* dengan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif yang digunakan secara berurutan dan saling melengkapi sesuai dengan kebutuhan masing-masing tahap penelitian. Pendekatan kualitatif deskriptif digunakan untuk menjelaskan proses perancangan dan optimasi model 3D serta implementasinya terhadap performa aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION*, khususnya dari aspek *Frame Per Second* (FPS). Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan fenomena secara mendalam tanpa bergantung pada statistik, serta menekankan interpretasi terhadap data teknis dan hasil observasi. Sementara itu, pendekatan kuantitatif deskriptif digunakan untuk mengukur persepsi pengguna terhadap aspek visual, realisme, dan kesesuaian model 3D melalui penyebaran kuesioner yang disusun menggunakan Skala Likert. Hasil kuantitatif kemudian dianalisis secara deskriptif statistik untuk memberikan gambaran numerik terhadap persepsi responden. Penggunaan pendekatan *mixed methods* dipilih agar masing-masing metode dapat memberikan kontribusi dalam memahami aspek teknis dan persepsi pengguna secara lebih menyeluruh [5].

Sejak awal pengumpulan data, pendekatan kualitatif berfokus pada penafsiran makna melalui pencatatan pola-pola, hubungan sebab-akibat, penjelasan, serta asumsi-asumsi yang muncul [6]. Keunggulan utama dari metode kualitatif adalah kemampuannya untuk menggali wawasan yang lebih dalam dan menyeluruh tentang suatu fenomena yang sulit dijangkau oleh pendekatan kuantitatif yang lebih fokus pada pengukuran hubungan antar variabel yang terukur [7]. Penelitian kualitatif lebih menekankan pada pemahaman kontekstual dan keunikan fenomena yang diteliti, sedangkan pendekatan kuantitatif cenderung menghasilkan simpulan yang objektif, tergeneralisasi, dan berbasis pada pengujian statistik.

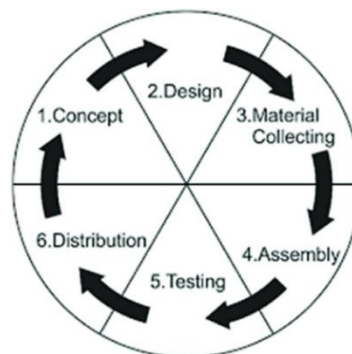
Langkah-langkah dalam penelitian ini dilakukan melalui tahapan yang sistematis, yang meliputi identifikasi kebutuhan, pembuatan dan optimasi model 3D, pengujian model 3D di *Oculus VR*, serta analisis hasil pengujian berdasarkan referensi. Diagram alur berikut memberikan gambaran visual tentang tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart tahapan penelitian

## 2.2 Metode Pengembangan Multimedia (MDLC)

Pada proses perancangan dan pengembangan model 3D dilakukan dengan mengikuti tahapan MDLC (*Multimedia Development Life Cycle*). Luther-Sutopo menyatakan bahwa MDLC merupakan metode pengembangan yang terdiri dari enam tahap utama, meliputi *Concept*, *Design*, *Material Collecting*, *Assembly*, *Testing*, dan *Distribution* [8]. Dalam penelitian ini, MDLC diterapkan sebagai kerangka kerja untuk merancang dan mengembangkan model 3D yang efisien dan sesuai dengan kebutuhan aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION*.



Gambar 2 Tahapan MDLC

### 2.2.1 *Concept* (Konsep)

Konsep awal selama penelitian adalah merancang model 3D komponen pesawat dan hanggar untuk aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION*. Perancangan memperhatikan elemen bentuk dan detail visual yang mendukung kualitas tampilan dalam aplikasi VR. Pengoptimalan model 3D dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah *vertex*, *faces*, *edges*, dan *triangles* agar model yang dihasilkan tidak membebani performa aplikasi VR dan dapat berjalan lancar saat diintegrasikan ke dalam sistem VR.

### 2.2.2 *Design* (Perancangan)

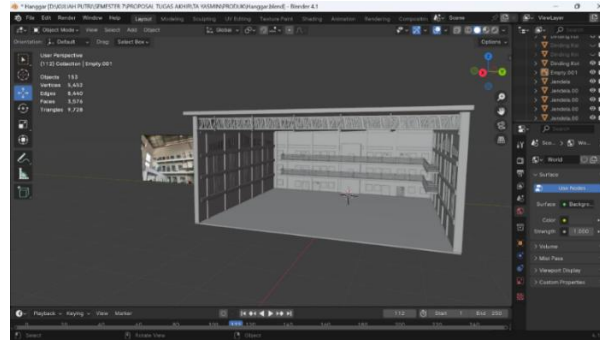
Pada tahap ini, desain awal model 3D dikembangkan berdasarkan kebutuhan yang telah diidentifikasi dan dengan mengacu pada berbagai referensi visual dari sumber terpercaya. Objek utama yang dirancang meliputi berbagai komponen pesawat, seperti *Vertical Stabilizer*, *Rudder*, *Elevator*, *Flaps*, *Aileron*, *Spoiler*, *Slats*, *Fuselage*, *Cockpit*, *Jet Engine*, *Wing*, *Horizontal Stabilizer*, dan *Wheel*. Selain itu, objek hanggar dirancang bagian luar dan dalam bangunan.

### 2.2.3 *Material Collecting* (Pengumpulan Bahan)

Pengumpulan bahan referensi visual dilakukan dengan menggunakan dokumentasi objek pesawat dan hanggar sebagai acuan pembuatan model 3D. Referensi ini membantu menentukan dimensi dan detail visual agar model menyerupai objek asli. Pewarnaan model 3D menggunakan material warna standar yang tersedia di *Blender*, disesuaikan dengan warna asli objek tanpa menambahkan *texture*, sehingga tetap ringan dan efisien untuk aplikasi VR.

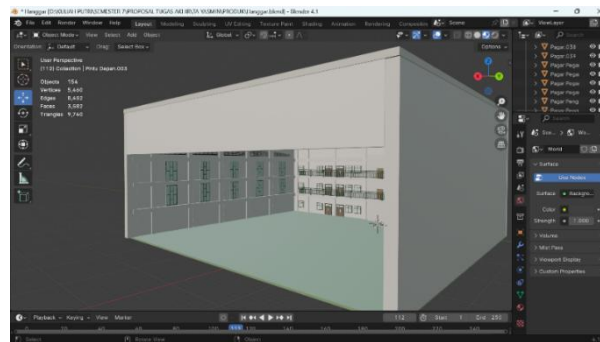
### 2.2.4 *Assembly* (Pembuatan)

Model hanggar dibentuk menggunakan objek dasar seperti *mesh cube* untuk mempermudah pembangunan struktur. Dalam strukturnya terdapat elemen-elemen berulang, seperti jendela, pintu, pagar, tiang atap, dan ventilasi. Untuk menjaga efisiensi serta performa dalam aplikasi VR, pembuatan model mempertimbangkan jumlah poligon tanpa mengurangi kualitas visual. Objek-objek serupa tersebut dibuat dengan teknik *linked duplicate* menggunakan *shortcut* Alt-D, sehingga penggandaan objek tidak menambah beban performa secara signifikan, karena perubahan pada satu objek akan berlaku ke semua salinannya [9]. Penelitian teknis ini diambil langsung dari dokumentasi resmi *Blender* karena belum ditemukan pembahasan setara dalam jurnal ilmiah. Teknik optimasi lain seperti *decimate* atau LOD tidak digunakan dalam penelitian ini, karena struktur objek yang dibuat tidak memerlukan perubahan tingkat detail berdasarkan jarak pandang pengguna. Selain itu, Alt-D sudah cukup efisien untuk jenis objek berulang yang digunakan.



Gambar 3 Pembuatan 3D modeling

Setelah struktur selesai, objek hanggar diberi material warna yang disesuaikan dengan warna asli objek menggunakan warna-warna standar yang tersedia di *Blender*. Teknik pewarnaan ini dipilih agar tetap ringan dan tidak membebani performa aplikasi saat dijalankan di lingkungan VR.



Gambar 4 Tampilan model 3D hanggar

Pembuatan model 3D juga mencakup perancangan 13 komponen pesawat untuk aplikasi VR *FLIGHTTECH IMMERSION*, di antaranya adalah *Vertical Stabilizer*, *Rudder*, *Elevator*, *Flaps*, *Aileron*, *Spoiler*, *Slats*, *Fuselage*, *Cockpit*, *Jet Engine*, *Wing*, *Horizontal Stabilizer*, dan *Wheel*. Setiap komponen dirancang secara terpisah dengan memperhatikan komponen yang dirancang berdasarkan referensi visual. Pada bagian *Fuselage*, digunakan teknik *Mirror Modifier* untuk memastikan simetri antara sisi kiri dan kanan badan pesawat. Teknik pemodelan lain seperti *Knife Tool* juga digunakan pada bagian jendela dan pintu untuk hasil potongan *mesh* yang presisi.

Untuk menjaga efisiensi, komponen berulang, seperti *Jet Engine*, *Baling-Baling*, dan *Wheel* dibuat menggunakan teknik *linked duplicate* (Alt-D) seperti yang diterapkan pada model hanggar. Proses pewarnaan juga disesuaikan dengan tampilan asli objek agar tetap ringan saat dijalankan di VR.

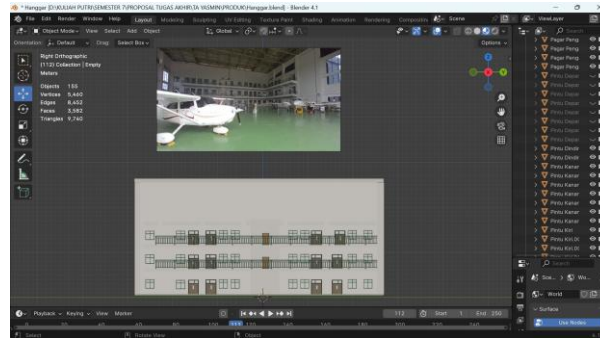


Gambar 5 Tampilan model 3D komponen pesawat

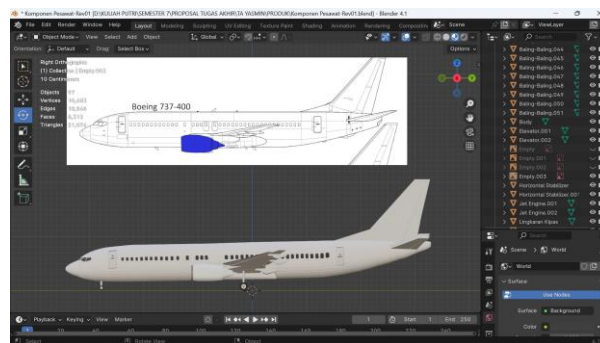
### 2.2.5 Testing (Pengujian)

Pengujian dilakukan untuk memastikan model 3D yang dibuat sudah sesuai dengan bentuk dan karakteristik objek aslinya, baik dari segi proporsi maupun visual. Proses ini dilakukan dengan membandingkan setiap model hasil desain dengan referensi gambar yang dikumpulkan sebelumnya. Selain kesesuaian visual, pengujian juga mencakup validasi terhadap standar estetika dan teknis, seperti efisiensi

jumlah poligon, yang telah dijelaskan pada tahap *Assembly*. Hal ini dilakukan untuk memastikan model layak digunakan dalam aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION* tanpa mengurangi performa.



Gambar 6 Hasil perbandingan 3D model hanggar



Gambar 7 Hasil perbandingan 3D model komponen pesawat

### 2.2.6 *Distribution (Distribusi)*

Model 3D yang telah selesai dan diekspor dalam format FBX diserahkan kepada pengembang aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION* untuk diintegrasikan ke *Unity VR*. Model 3D yang telah teruji secara visual dan teknis ini kemudian siap diuji performanya dalam lingkungan aplikasi untuk memastikan kenyamanan pengguna.

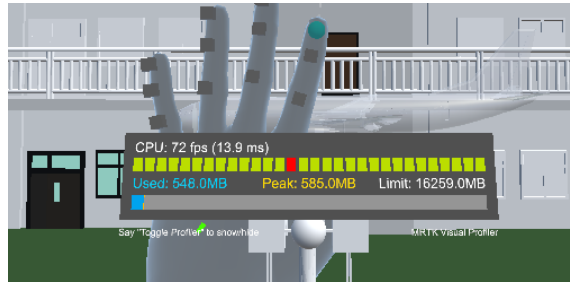
## 3. RESULTS AND ANALYSIS

### 3.1. Pengujian Performa Model 3D di *Oculus Meta Quest 2*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa model 3D yang telah dibuat dan dioptimasi ketika dijalankan dalam aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION* menggunakan perangkat *Oculus Meta Quest 2* (128 GB). Fokus utama pengujian adalah untuk melihat nilai *frame per second* (FPS) sebagai indikator kestabilan dan kelayakan model dalam lingkungan VR.

Model 3D yang telah dirancang menggunakan *Blender* diekspor ke format FBX untuk memudahkan integrasi ke dalam *Unity* oleh tim pengembang. Seluruh komponen pesawat, termasuk hanggar, ditempatkan dalam satu lingkungan virtual. Pengujian dilakukan secara langsung menggunakan perangkat *Oculus Meta Quest 2* dalam mode *standalone* (tanpa koneksi ke laptop atau PC), sehingga hasil yang diperoleh mencerminkan performa nyata dalam kondisi pengguna sebenarnya.

Untuk memantau performa model 3D selama pengujian, tim pengembang menanamkan *plugin* bernama *Visual Profiler* ke dalam aplikasi. *Plugin* ini menampilkan informasi performa secara *real-time*, termasuk nilai FPS selama lingkungan virtual berjalan. *Visual Profiler* merupakan alat bantu praktis untuk memantau performa aplikasi secara langsung, seperti *frame rate*, kompleksitas *scene*, dan penggunaan memori, yang kompatibel dengan berbagai platform, termasuk perangkat VR [10]. Tampilan *Visual Profiler* muncul di bawah model 3D komponen dan menampilkan angka FPS secara dinamis, sehingga memudahkan pemantauan performa dari masing-masing komponen model 3D. Selain itu, *plugin* ini juga membantu mendeteksi adanya penurunan performa saat komponen digunakan.



Gambar 8 Tampilan hasil FPS di *Visual Profiler*

Tabel berikut menunjukkan hasil rata-rata FPS dari masing-masing komponen model 3D yang telah dibuat:

Tabel 1 Hasil pengujian FPS

No.	Nama Komponen	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5	Uji 6	Uji 7	Uji 8	Uji 9	Uji 10	Rata-Rata FPS
1.	<i>Fuselage (Body)</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
2.	<i>Cockpit</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
3.	<i>Jet Engine</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
4.	<i>Wing</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
5.	<i>Slats</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
6.	<i>Spoiler</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
7.	<i>Aileron</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
8.	<i>Flaps</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
9.	<i>Wheel</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
10.	<i>Vertical Stabilizer</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
11.	<i>Rudder</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
12.	<i>Horizontal Stabilizer</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72
13.	<i>Elevator</i>	70	71	71	72	72	72	72	72	72	72	72

Nilai FPS yang diperoleh dari sepuluh kali pengujian menunjukkan hasil yang konsisten dengan peningkatan kecil hingga akhirnya stabil di angka rata-rata 72 FPS. Berdasarkan penelitian [11], FPS standar yang direkomendasikan untuk performa optimal adalah 72 FPS. Nilai yang dihasilkan juga masih stabil ketika aplikasi dijalankan secara langsung oleh pengguna melalui *Oculus Meta Quest 2*. Selama interaksi berlangsung dalam ruang aplikasi VR, tidak ditemukan penurunan performa yang signifikan saat menampilkan setiap komponen secara bergantian. Secara visual, seluruh model 3D terlihat menyatu dengan baik dalam lingkungan virtual, tanpa adanya kerusakan geometri. Objek dapat diamati secara detail dari berbagai sudut pandang, dan tampilan model tetap terlihat jelas meskipun dijalankan dalam mode *standalone*.



Gambar 9 Tampilan model 3D di aplikasi VR

Selain itu, berdasarkan dokumentasi pengujian yang dilakukan oleh tim pengembang VR *FLIGHTTECH IMMERSION*, tampilan model tetap stabil dan responsif saat dijalankan menggunakan *Oculus Meta Quest 2*. Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa interaksi visual di ruang hanggar tidak mengganggu kenyamanan pengguna, baik dalam sisi performa maupun pergerakan visual antar komponen. Model juga tetap mulus dan tidak ditemukan jeda (*delay*) saat berinteraksi dalam ruang VR. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi selama proses pembuatan berhasil menjaga performa sekaligus kualitas visual.



Gambar 10 Dokumentasi pengujian FPS menggunakan *Oculus Meta Quest 2*

### 3.2. Pengujian Terhadap Kesesuaian Model 3D

Pengujian dilakukan untuk menilai kualitas visual dan tingkat realisme dari model 3D hanggar dan komponen pesawat yang telah dirancang menggunakan *Blender*. Aspek visual mencakup kejelasan, kesesuaian bentuk, serta tampilan keseluruhan dari model dibandingkan dengan bentuk fisik objek di dunia nyata. Sementara itu, aspek realistis mengacu pada seberapa nyata dan proporsional model tersebut ketika diamati secara langsung dan dibandingkan dengan kondisi nyata di lokasi sebenarnya.

Untuk mendukung validitas hasil pengujian oleh responden, observasi dilakukan secara langsung di Hanggar Politeknik Negeri Batam. Langkah ini memungkinkan responden melakukan perbandingan langsung antara model 3D dan objek fisik, sehingga penilaian menjadi lebih objektif dan akurat. Data dikumpulkan menggunakan instrumen kuesioner dengan Skala Likert. Skala ini digunakan untuk menilai sejauh mana model 3D dianggap sesuai oleh pengguna atau responden dalam dua aspek utama, yaitu visual dan realistis. Pengujian menggunakan skala lima poin, yaitu Sangat Setuju (5), Setuju (4), Ragu-Ragu (3), Tidak Setuju (2), dan Sangat Tidak Setuju (1). Kategori tingkat kesesuaian ditentukan berdasarkan metode perhitungan menurut Supranto, menggunakan rumus [12]:

$$\text{Interval} = \frac{\text{Skor tertinggi} - \text{Skor terendah}}{\text{Jumlah kategori}} = \frac{5-1}{5} = 0,8$$

Tabel 2 Kategori kesesuaian model 3D

No	Rerata Skor	Kategori
1	4,21 – 5,00	Sangat Sesuai
2	3,41 – 4,20	Sesuai
3	2,61 – 3,40	Cukup Sesuai
4	1,81 – 2,60	Kurang Sesuai
5	1,00 – 1,80	Tidak Sesuai

Selanjutnya, dilakukan hasil penilaian aspek visual terhadap model 3D hanggar dan 13 komponen pesawat. Penilaian ini bertujuan untuk melihat sejauh mana tampilan model 3D dianggap jelas, sesuai, dan menyerupai bentuk aslinya.

Tabel 3 Penilaian visual model 3D hanggar dan komponen pesawat

No	Pernyataan	Nilai					Jumlah	Rata-Rata	Kategori
		SS	S	RG	TS	STS			
1	Apakah visual hanggar tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	16	10	6	0	0	32	4,31	Sangat Sesuai
2	Apakah visual fuselage tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	16	14	2	0	0	32	4,44	Sangat Sesuai
3	Apakah visual cockpit tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	12	15	5	0	0	32	4,22	Sangat Sesuai
4	Apakah visual jet engine tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	11	15	6	0	0	32	4,16	Sesuai
5	Apakah visual wing tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	10	18	4	0	0	32	4,19	Sesuai
6	Apakah visual slats tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	13	14	5	0	0	32	4,25	Sangat Sesuai

7	Apakah visual spoiler tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	10	18	4	0	0	32	<b>4,19</b>	Sesuai
8	Apakah visual aileron tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	9	22	1	0	0	32	<b>4,25</b>	Sangat Sesuai
9	Apakah visual flaps tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	10	19	3	0	0	32	<b>4,22</b>	Sangat Sesuai
10	Apakah visual wheel tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	14	16	2	0	0	32	<b>4,38</b>	Sangat Sesuai
11	Apakah visual vertical stabilizer tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	15	17	0	0	0	32	<b>4,47</b>	Sangat Sesuai
12	Apakah visual rudder tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	11	18	3	0	0	32	<b>4,25</b>	Sangat Sesuai
13	Apakah visual horizontal stabilizer tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	13	19	0	0	0	32	<b>4,41</b>	Sangat Sesuai
14	Apakah visual elevator tampak bagus, jelas, dan sesuai bentuk aslinya?	15	14	3	0	0	32	<b>4,38</b>	Sangat Sesuai

Kemudian, berikut ini merupakan hasil data penilaian aspek realistik atau imersif, yang menilai seberapa nyata dan proporsional objek model 3D ketika diamati secara langsung.

Tabel 4 Penilaian realistik model 3D hanggar dan komponen pesawat

No.	Pernyataan	Nilai					Jumlah	Rata-Rata	Kategori
		SS	S	RG	TS	STS			
1	Apakah model 3D hanggar terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	15	9	8	0	0	32	<b>4,22</b>	Sangat Sesuai
2	Apakah model 3D fuselage terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	16	8	8	0	0	32	<b>4,25</b>	Sangat Sesuai
3	Apakah model 3D cockpit terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	18	10	4	0	0	32	<b>4,44</b>	Sangat Sesuai
4	Apakah model 3D jet engine terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	17	10	5	0	0	32	<b>4,38</b>	Sangat Sesuai
5	Apakah model 3D wing terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	15	10	7	0	0	32	<b>4,25</b>	Sangat Sesuai
6	Apakah model 3D slats terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	13	11	8	0	0	32	<b>4,16</b>	Sesuai
7	Apakah model 3D spoiler terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	15	11	6	0	0	32	<b>4,28</b>	Sangat Sesuai
8	Apakah model 3D aileron terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	14	10	8	0	0	32	<b>4,19</b>	Sesuai
9	Apakah model 3D flaps terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	14	12	6	0	0	32	<b>4,25</b>	Sangat Sesuai
10	Apakah model 3D wheel terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	14	8	10	0	0	32	<b>4,13</b>	Sesuai
11	Apakah model 3D vertical stabilizer terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	13	10	9	0	0	32	<b>4,13</b>	Sesuai
12	Apakah model 3D horizontal stabilizer terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	12	11	9	0	0	32	<b>4,09</b>	Sesuai
13	Apakah model 3D rudder terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	15	12	5	0	0	32	<b>4,31</b>	Sangat Sesuai
14	Apakah model 3D elevator terasa nyata dan proporsional seperti aslinya?	11	11	10	0	0	32	<b>4,03</b>	Sesuai

Berdasarkan hasil di atas, rata-rata skor visual berkisar antara 4,16 hingga 4,47, seluruhnya berada dalam kategori “Sesuai” hingga “Sangat Sesuai”. Hal ini menunjukkan bahwa secara visual, model 3D telah berhasil merepresentasikan bentuk fisik aslinya dengan sangat baik. Sementara itu, aspek realistik menghasilkan skor rerata antara 4,03 hingga 4,44. Nilai ini mengindikasikan bahwa pengguna merasakan model 3D sebagai representasi yang nyata dan proporsional terhadap aslinya saat diuji dalam lingkungan VR.

Tabel 5 Penilaian umum model 3D berdasarkan pernyataan

No	Pernyataan	Nilai					Jumlah	Rata-Rata Skor Aspek	Kategori
		SS	S	RG	TS	STS			
1	Apakah model 3D pesawat terlihat realistik secara visual?	17	10	5	0	0	32	<b>4,38</b>	Sangat Sesuai
	<b>Skor Total</b>	<b>85</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>140</b>		
2	Apakah model 3D memiliki ukuran dan bentuk yang proporsional?	14	11	7	0	0	32	<b>4,22</b>	Sangat Sesuai
	<b>Skor Total</b>	<b>70</b>	<b>44</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>135</b>		

3	Apakah detail seperti warna tampak sesuai dengan objek aslinya?	15	11	6	0	0	32	4,28	Sangat Sesuai
	<b>Skor Total</b>	<b>75</b>	<b>44</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>137</b>		
4	Apakah model 3D berjalan lancar saat digunakan dalam aplikasi?	15	12	5	0	0	32	4,31	Sangat Sesuai
	<b>Skor Total</b>	<b>75</b>	<b>48</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>138</b>		
5	Apakah model 3D mendukung pemahaman struktur pesawat secara menyeluruh?	16	10	6	0	0	32	4,31	Sangat Sesuai
	<b>Skor Total</b>	<b>80</b>	<b>40</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>138</b>		
6	Apakah model ini membantu meningkatkan imersi pengguna dalam aplikasi VR?	17	12	3	0	0	32	4,44	Sangat Sesuai
	<b>Skor Total</b>	<b>85</b>	<b>48</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>142</b>		
7	Apakah keseluruhan tampilan model 3D sudah memuaskan?	16	11	5	0	0	32	4,34	Sangat Sesuai
	<b>Skor Total</b>	<b>80</b>	<b>44</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>139</b>		
8	Apakah model 3D ini layak digunakan sebagai media pembelajaran?	16	8	8	0	0	32	4,25	Sangat Sesuai
	<b>Skor Total</b>	<b>80</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>136</b>		
	<b>Jumlah Keseluruhan</b>	<b>126</b>	<b>85</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>256</b>	<b>4,32</b>	<b>Sangat Sesuai</b>
		<b>630</b>	<b>340</b>	<b>135</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1105</b>		

Berdasarkan hasil kuesioner terhadap 32 responden, diperoleh data penilaian terhadap delapan pernyataan umum yang mencakup aspek visual, proporsi bentuk, ketepatan warna, performa dalam aplikasi, serta potensi edukatif dari model 3D. Seluruh indikator menunjukkan skor rata-rata di atas 4,20 yang termasuk kategori “Sangat Sesuai”. Secara keseluruhan, data tersebut menunjukkan bahwa model 3D yang dirancang dinilai sangat baik dan layak digunakan sebagai media pembelajaran aplikasi VR *FLIGHTTECH IMMERSION*. Visualisasi yang menarik, proporsi yang mendekati kenyataan, hingga performa aplikasi yang lancar menjadi faktor pendukung efektivitas media tersebut.

Dengan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa model 3D yang dirancang tidak hanya berhasil memberikan visual yang baik, tetapi juga mampu merepresentasikan kondisi nyata secara realistis dalam aplikasi VR *FLIGHTTECH IMMERSION*, sehingga dapat mendukung pemahaman ruang dan struktur pesawat secara imersif dan efektif. Seluruh responden menggunakan perangkat *Oculus Meta Quest 2* untuk menguji model 3D dalam aplikasi VR, memberikan pengalaman yang konsisten dalam penilaian visual dan realistis. Dokumentasi kegiatan uji coba imersif dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Dokumentasi uji coba model 3D oleh mahasiswa TPPU di Hanggar Politeknik Negeri Batam

### 3.3. Analisis Perbandingan Referensi

Penelitian ini dibandingkan dengan referensi berjudul “*Performance Evaluation and Optimization of 3D Models from Low-Cost 3D Scanning Technologies for Virtual reality and Metaverse E-Commerce*” yang ditulis oleh Ruben Grande, *et al.* [13]. Referensi tersebut membahas evaluasi performa dan proses optimasi model 3D hasil pemindaian dengan berbagai teknologi seperti *photogrammetry*, LiDAR, dan NeRF, yang ditujukan untuk keperluan ruang belanja virtual (VR *e-commerce*). Literatur ini dipilih sebagai bahan perbandingan karena memiliki fokus yang sama dengan peneliti, yaitu menilai dan mengoptimalkan model 3D agar dapat berjalan secara efisien dalam lingkungan VR.

Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa masalah performa dalam aplikasi VR dapat diminimalkan melalui proses optimasi aset 3D yang tepat, yang berdampak langsung pada peningkatan FPS dan penurunan penggunaan GPU [14]. Perbandingan dilakukan untuk mengamati bagaimana pendekatan dan hasil optimasi yang berbeda memengaruhi kinerja aplikasi VR, terutama dalam hal stabilitas *frame rate* (FPS) dan jumlah poligon. Hal ini penting untuk menilai efektivitas metode yang diterapkan dalam masing-masing penelitian untuk mencapai performa VR yang optimal. Kedua penelitian sama-sama menggunakan *Oculus Meta Quest 2* sebagai perangkat pengujian performa model 3D. *Oculus Meta Quest 2* dipilih juga karena *headset standalone* yang umum digunakan dalam pengembangan aplikasi VR modern. Selain itu, keduanya menjadikan *frame per second* (FPS) sebagai indikator utama dalam mengukur kinerja dan kelayakan model 3D. FPS menjadi tolak ukur penting karena berpengaruh langsung terhadap kenyamanan pengguna selama berinteraksi di dalam lingkungan virtual. Kedua penelitian juga menyoroti pentingnya proses optimasi model 3D agar aplikasi tetap ringan, namun tetap mempertahankan kualitas visual yang memadai. Efisiensi dalam jumlah poligon, pengelolaan tekstur, dan jumlah objek menjadi bagian dari strategi untuk memastikan lingkungan VR berjalan dengan stabil.

Salah satu faktor yang memengaruhi kestabilan FPS adalah kompleksitas model 3D yang digunakan. Kompleksitas ini dapat diukur dari jumlah poligon yang terdapat dalam model. Model 3D yang diuji memiliki 68.720 *triangles*, yang berkontribusi pada tingkat detail visual sekaligus memengaruhi beban pemrosesan. Jumlah poligon yang tinggi dapat menurunkan performa karena meningkatkan beban pemrosesan, yang pada akhirnya berdampak pada kestabilan FPS dalam lingkungan virtual reality [15]. Poligon sendiri merupakan bentuk geometris seperti segitiga atau persegi panjang yang membentuk keseluruhan permukaan model 3D, dan berperan penting dalam menciptakan detail visual objek [16]. Semakin banyak poligon pada sebuah model, maka tampilannya akan terlihat lebih halus karena tingkat detail permukaannya meningkat [17]. Oleh karena itu, pengurangan jumlah poligon secara efisien menjadi salah satu strategi penting untuk menjaga kestabilan FPS, terutama pada perangkat *standalone* seperti *Oculus Meta Quest 2*.

Berikut adalah tabel perbandingan pendekatan dan hasil pengujian antara kedua penelitian yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 6 Perbandingan penelitian

Aspek	Penelitian ini	Referensi Pemanding
Asal Model 3D	Dibuat manual di <i>Blender</i>	Hasil <i>scanning</i> dari <i>photogrammetry</i> , LiDAR, dan NeRF
Jumlah Objek	442 objek	96 objek
Teknik Optimasi	Alt-D ( <i>linked duplicate object</i> )	<i>Decimate modifier</i> , <i>Smart UV Project</i> , <i>Shrinkwrap</i> , <i>Bake (Normal Map + Diffuse Map)</i>
Jumlah Poligon	35.349 <i>vertices</i> , 61.368 <i>edges</i> , 26.954 <i>faces</i> , 68.720 <i>triangles</i>	483.648 poligon
Hasil FPS	Stabil di 72 FPS di <i>Oculus Meta Quest 2 (Visual Profiler)</i>	71.36 FPS di <i>Oculus Meta Quest 2 (OVR Metrics Tool)</i>

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan pendekatan dalam pembuatan dan optimasi model 3D memberikan pengaruh yang signifikan terhadap performa akhir di lingkungan VR. Pada penelitian ini, model 3D yang terdiri dari 442 objek dan memiliki total 68.720 *triangles* mampu berjalan secara stabil di 72 FPS menggunakan *Oculus Meta Quest 2*. Pengujian dilakukan dengan bantuan *plugin Visual Profiler* yang memungkinkan pemantauan langsung performa di dalam *headset* VR. Meskipun teknik optimasi yang digunakan relatif sederhana, yaitu hanya dengan metode Alt-D (*linked duplicate*) untuk meringankan duplikasi, hasil performa tetap berada dalam batas yang dapat diterima untuk pengalaman pengguna di perangkat *Oculus Quest 2*. Dengan jumlah poligon yang lebih sedikit dibandingkan dengan model hasil pemindaian yang memiliki 483.648 poligon, penelitian ini menunjukkan bahwa teknik yang digunakan lebih efisien dalam menjaga performa FPS yang stabil. Teknik *linked duplicate* pada *Blender* memungkinkan beberapa objek menggunakan satu data *mesh* yang sama, sehingga sistem tidak perlu menyimpan dan memproses ulang data *mesh* untuk setiap objek salinan, hal ini membuat beban memori menjadi lebih ringan dibandingkan dengan teknik duplikasi biasa yang menghasilkan data *mesh* terpisah untuk setiap objek [9].

Sebaliknya, referensi pembanding yang menggunakan model hasil *scanning*, menghasilkan total 96 objek dengan jumlah 483.648 poligon, dan menghasilkan FPS rata-rata sebesar 71.36 berdasarkan pengamatan menggunakan *OVR Metrics Tool*. Dengan perbedaan FPS yang tipis, keunggulan utama dalam penelitian ini terletak pada efisiensi proses optimasi yang sederhana namun tetap menghasilkan performa yang baik.

Dapat disimpulkan bahwa meskipun terdapat perbedaan pendekatan teknis, kedua penelitian menekankan pentingnya efisiensi performa untuk mencapai pengalaman VR yang nyaman. Penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan sederhana sejak tahap perancangan, seperti penggunaan teknik Alt-D, sudah cukup untuk menghasilkan performa yang stabil tanpa perlu proses optimasi kompleks. Hal ini menunjukkan

bahwa perancangan yang efisien dapat menjadi alternatif efektif, terutama dalam pengembangan aplikasi VR ringan yang mengutamakan kestabilan dan keringanan performa.

Lebih jauh lagi, teknik *linked duplicate* (Alt-D) yang diterapkan dalam penelitian ini menunjukkan efisiensi penggunaan memori dan pemrosesan yang baik dibandingkan dengan teknik optimasi kompleks pada model hasil pemindaian 3D yang digunakan dalam referensi perbandingan. Meskipun model dalam penelitian ini memiliki jumlah objek dan poligon yang lebih banyak, performa FPS tetap stabil pada 72 FPS. Hal ini menegaskan bahwa strategi optimasi manual sederhana dapat menjadi solusi yang lebih ringan, efektif, dan mudah diimplementasikan, terutama untuk perangkat VR dengan keterbatasan performa seperti *Oculus Meta Quest 2*.

#### 4. CONCLUSION

Penelitian ini berhasil merancang dan mengoptimasi model 3D komponen pesawat Boeing 737-400 dan hanggar secara efisien menggunakan *Blender* untuk aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION*. Pengujian menunjukkan model 3D berjalan stabil dengan rata-rata 72 FPS pada *Oculus Meta Quest 2* dalam mode *standalone*, tanpa mengalami penurunan performa yang signifikan. Teknik optimasi sederhana yang digunakan seperti Alt-D (*linked duplicate*) terbukti efektif dalam menjaga performa sekaligus mempertahankan kualitas visual.

Selain itu, hasil survei terhadap 32 responden menggunakan Skala Likert menunjukkan respons positif dalam aspek visual, realistis, dan kesesuaian model dengan kebutuhan pembelajaran. Perbandingan dengan referensi perbandingan menunjukkan bahwa pendekatan manual dalam penelitian ini mampu menghasilkan performa yang setara atau bahkan lebih ringan dibandingkan dengan model hasil pemindaian 3D. Dengan demikian, model 3D yang dihasilkan dalam penelitian ini layak digunakan dalam aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION*, khususnya untuk perangkat dengan spesifikasi terbatas, serta dapat menjadi alternatif pengembangan aplikasi VR ringan namun tetap optimal.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Teknik Perawatan Pesawat Udara (TPPU) Politeknik Negeri Batam atas izin dan fasilitasi riset lapangan, serta kepada tim pengembang aplikasi VR *FLIGHTECH IMMERSION* yang telah memberikan informasi teknis dan dukungan dalam pengujian model 3D. Terima kasih juga kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama pengerjaan tugas akhir ini. Penulis juga menghargai rekan-rekan dan keluarga yang selalu memberikan dukungan moral dan semangat. Penelitian ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa kontribusi dan kerja sama dari semua pihak tersebut. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan teknologi *Virtual Reality*, khususnya dalam bidang pendidikan dan aviasi.

#### REFERENCES

- [1] S. R. Siahaya, "Literatur review: Penerapan virtual reality sebagai media pembelajaran interaktif," *Buletin Ilmiah Ilmu Komputer dan Multimedia (BIKMA)*. [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/biikma/article/view/1260>
- [2] S. A. Rahmadianto, B. P. P. Prasetya, and W. Soen, *Perancangan aset visual 3D Virtual Reality (VR) gedung Universitas Ma Chung sebagai media pengenalan mahasiswa baru*, unpublished, 2023.
- [3] D. Ramadhan, A. Triayudi, and R. T. Aldisa, "Animasi sinematik dinosaurus secara 3D menggunakan Blender dengan metode pose to pose," *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 3, no. 6, pp. 1100–1107, 2023. [Online]. Available: <https://djournal.com/klik/article/view/881>
- [4] B. R. A. Malano, *Wawancara mengenai ketersediaan alat pemindaian 3D di lingkungan TPPU*, unpublished, 2025. Available: [https://drive.google.com/drive/folders/1GvPAi5jyyOIETxoqFOCMCKDzsFRWXg4K?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1GvPAi5jyyOIETxoqFOCMCKDzsFRWXg4K?usp=drive_link)
- [5] J. A. Habibullah, I. Norvaizi, and D. E. C. Dewi, "Implementasi mixed methods dalam penelitian pendidikan," *Peradaban Journal of Interdisciplinary Educational Research*, vol. 3, no. 1, pp. 17–31, Feb. 2025, doi: 10.59001/pjier.v3i1.245.
- [6] R. Fiantika, M. Wasil, and S. Jumiyati, *Metodologi Penelitian Kualitatif*. PT. Global Eksekutif Teknologi, 2022.
- [7] N. Lestari et al., "Eksplorasi strategi pengumpulan data dalam penelitian kualitatif dan kuantitatif; Studi perbandingan metode tesis di kalangan akademisi," *Irsyaduna: Jurnal Studi Keislaman dan Kemasyarakatan*, vol. 4, no. 3, 2024. [Online]. Available: <https://www.jurnal.stituwjombang.ac.id/index.php/irsyaduna/article/view/1848>

- [8] B. Setiawan, A. Gustalika, and A. Raharja, "Rancang bangun media pembelajaran tumbuhan berbasis augmented reality dengan metode MDLC," *Bulletin of Information Technology (BIT)*, vol. 5, no. 2, pp. 91–101, 2024. [Online]. Available: <https://journal.fkpt.org/index.php/BIT/article/view/1325>
- [9] Blender Foundation, "Duplicate linked," *Blender Manual*. [Online]. Available: [https://docs.blender.org/manual/en/latest/scene\\_layout/object/editing/duplicate\\_linked.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/scene_layout/object/editing/duplicate_linked.html). Accessed: Jun. 21, 2025.
- [10] Microsoft, "VisualProfiler-Unity," *Github Repository*. [Online]. Available: <https://github.com/microsoft/VisualProfiler-Unity>. Accessed: Jun. 23, 2025.
- [11] J. K. Sulaiman et al., "Implementasi modul pembelajaran berbasis virtual reality untuk pendidikan kedokteran," *Indonesian Journal of Computer Science*, 2022, doi: 10.33022/ijcs.v11i2.3059
- [12] 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," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 8, no. 1, 2024.
- [13] R. Grande, J. Albusac, D. Vallejo, C. Glez-Morcillo, and J. J. Castro-Schez, "Performance evaluation and optimization of 3D models from low-cost 3D scanning technologies for virtual reality and metaverse e-commerce," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 14, Jul. 2024, doi: 10.3390/app14146037.
- [14] S. Sukaridhoto, A. L. Haz, E. D. Fajrianti, R. Putri, and N. Budiarti, "Comparative study of 3d assets optimization of virtual reality application on VR standalone device," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 13, no. 3, 2023.
- [15] A. Geris, B. Cukurbasi, M. Kilinc, and O. Teke, "Balancing performance and comfort in virtual reality: A study of FPS, latency, and batch values," *Software Practice and Experience*, vol. 54, no. 12, pp. 2336–2348, Dec. 2024, doi: 10.1002/spe.3356.
- [16] R. T. Afif, Q. M. Alexandra, A. A. Anwar, P. S. D. K. Visual, and F. I. Kreatif, "Perancangan 3D modelling environment low poly Rumah Adat Kampung Naga Kabupaten Tasikmalaya," *PATRA: Jurnal Desain Komunikasi Visual dan Multimedia*, vol. 5, no. 2, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.idbbali.ac.id/index.php/patra/article/view/698>
- [17] A. Rosid, Y. Kristian, and L. Ardiantoro, "Pemanfaatan teknologi virtual reality pada pembelajaran vocabulary bahasa Prancis," *Teknologi*, vol. 12, no. 2, pp. 47–53, Dec. 2022, doi: 10.26594/teknologi.v12i2.3142.