

# Evaluasi Usability Virtual Classroom Multi-user Menggunakan Metode GUESS

Secondio Prawiro<sup>1</sup>, I Kadek Dendy S<sup>2</sup>, Matahari Bhakti Nendya<sup>3</sup>

Informatika, Universitas Kristen Duta Wacana

Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo No.5-25, Yogyakarta

<sup>1</sup>secondio.prawiro@ti.ukdw.ac.id

<sup>2</sup>dendy.prtha@staff.ukdw.ac.id

<sup>3</sup>didanendya@staff.ukdw.ac.id

**Abstract**—This study aims to evaluate the usability and effectiveness of a Virtual Reality (VR)-based Multi-User Virtual Classroom as an alternative medium for learning Newton's Laws. The system facilitates real-time 3D object manipulation and multi-user interaction. The evaluation involved 31 high school students divided into three testing platforms: VR, Desktop (PC), and Mobile. Usability was measured using the Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS), while learning effectiveness was assessed using Pre-Test/Post-Test methods and comparative platform analysis. Descriptive analysis based on user perception surveys indicates that the VR platform yielded the highest effectiveness trend, with an average approval score of 83.3% calculated across conceptual understanding, interaction quality, and practice quality aspects. In contrast, the Desktop platform scored 60%, and the Mobile platform scored the lowest at 50% due to control limitations and lack of immersion. Furthermore, Pre-Test and Post-Test data confirmed a significant improvement in conceptual understanding and correction of misconceptions. It is concluded that the VR-based Virtual Classroom is the most effective solution for overcoming interaction limitations in online learning compared to non-immersive platforms.

**Intisari**—Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi usability dan efektivitas sistem Virtual Classroom Multi-User berbasis Virtual Reality (VR) sebagai media pembelajaran alternatif materi Hukum Newton. Aplikasi ini memungkinkan interaksi multi-user dan manipulasi objek 3D secara real-time. Evaluasi melibatkan 31 responden siswa SMA yang terbagi ke dalam tiga platform pengujian: VR, Desktop (PC), dan Mobile. Pengukuran kepuasan pengguna menggunakan metode Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS), sedangkan efektivitas pembelajaran diukur melalui Pre-Test dan Post-Test. Analisis deskriptif berdasarkan survei persepsi pengguna menunjukkan bahwa platform VR memiliki tren efektivitas tertinggi dengan skor persetujuan rata-rata 83,3% yang dihitung dari aspek pemahaman konsep, kualitas interaksi, dan kualitas praktik. Sebaliknya, platform Desktop memperoleh skor 60%, dan Mobile memperoleh skor terendah sebesar 50% dikarenakan keterbatasan kontrol dan imersi layar. Hasil Pre-Test dan Post-Test turut mengonfirmasi adanya peningkatan pemahaman siswa serta perbaikan miskonsepsi setelah penggunaan aplikasi. Disimpulkan bahwa Virtual Classroom berbasis VR merupakan solusi paling efektif untuk mengatasi keterbatasan interaksi dalam pembelajaran daring dibandingkan media Desktop atau Mobile.

**Kata Kunci**—Virtual Classroom, Virtual Reality, Multi-User, Usability, GUESS, Hukum Newton.

## I. PENDAHULUAN

Pandemi COVID-19 mempercepat transformasi pembelajaran menuju metode daring. Dalam konteks ini, Learning Management System (LMS) banyak dimanfaatkan sebagai media pembelajaran online karena membantu pengelolaan materi, aktivitas, dan administrasi pembelajaran [1]. Namun, pembelajaran daring masih menghadapi keterbatasan, baik pada aspek pengalaman pengguna maupun kualitas interaksi belajar. Studi mengenai penggunaan LMS menunjukkan adanya isu kepuasan pengguna yang dipengaruhi oleh kualitas sistem dan layanan [2], sementara transformasi digital pendidikan pascapandemi juga menegaskan tantangan pemulihan kualitas pembelajaran dan penguatan ekosistem pembelajaran yang lebih adaptif [3]. Secara khusus, pembelajaran yang menuntut demonstrasi dan praktikum seperti Fisika sering kali kurang optimal ketika interaksi dan pengalaman eksperimen tidak dapat dialami secara langsung.

Salah satu pendekatan yang berpotensi menjawab keterbatasan tersebut adalah Virtual Reality (VR). VR mampu menghadirkan lingkungan tiga dimensi yang imersif sehingga pengguna merasakan kehadiran di ruang virtual [4]. Dalam pendidikan, VR dilaporkan dapat mendukung pemahaman konsep dengan memberikan pengalaman belajar yang lebih “mengalami” dibanding pembelajaran berbasis layar biasa [5]. Literatur juga menunjukkan bahwa VR berpotensi meningkatkan keterlibatan (engagement) peserta didik, meskipun efektivitasnya bergantung pada desain pembelajaran dan cara integrasinya ke kelas [6]. Selain itu, tinjauan sistematis pada pendidikan tinggi menekankan pentingnya elemen desain VR (mis. interaktivitas, umpan balik, dan tujuan belajar) agar manfaat VR dapat tercapai secara konsisten [7].

Meskipun riset VR untuk pendidikan berkembang pesat, masih terdapat gap pada pengembangan dan evaluasi Virtual Classroom VR yang bersifat multi-user (kolaboratif) serta dievaluasi secara komprehensif pada aspek pengalaman pengguna. Tinjauan sistematis khusus mengenai VR dan pembelajaran kolaboratif menegaskan bahwa riset kolaborasi VR masih membutuhkan penguatan bukti empiris, termasuk pada rancangan interaksi dan evaluasi pembelajaran [8]. Di sisi lain, penelitian MuVR (multi-user VR) juga menunjukkan adanya faktor-faktor manfaat yang perlu

dievaluasi secara terstruktur untuk memastikan sistem benar-benar berguna dalam konteks pembelajaran [9]. Untuk menilai pengalaman pengguna secara lebih menyeluruh, instrumen seperti Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS) relevan karena dirancang dan divalidasi untuk mengukur kepuasan pengalaman pengguna secara multidimensi [10], terutama ketika sistem pembelajaran VR memiliki karakteristik interaktif dan elemen pengalaman mirip game.

Selain isu evaluasi pengalaman, penerapan VR juga perlu mempertimbangkan potensi dampak negatif seperti cybersickness (mual/pusing) yang masih menjadi tantangan pada perangkat HMD generasi sekarang dan dapat memengaruhi kenyamanan serta durasi penggunaan [11]. Penelitian juga menyoroti kemungkinan adanya novelty effect, yaitu efek “ketertarikan awal” karena teknologi baru yang dapat memengaruhi hasil evaluasi pengalaman belajar bila tidak diantisipasi dalam desain studi [12]. Karena itu, studi VR edukasi yang kuat tidak cukup hanya melaporkan pengalaman pengguna, tetapi juga perlu menyertakan indikator pembelajaran yang lebih objektif.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini mengevaluasi Virtual Classroom berbasis VR multi-user untuk pembelajaran Fisika (Hukum Newton) menggunakan dua pendekatan: (1) evaluasi pengalaman pengguna melalui GUESS [10], dan (2) evaluasi hasil belajar menggunakan pre-test dan post-test. Pendekatan pre-post test dipilih karena umum digunakan untuk memeriksa peningkatan pemahaman akibat intervensi pembelajaran, serta sejalan dengan tradisi riset pembelajaran Fisika yang membedakan dampak metode interaktif dibanding metode tradisional [13]. Selain itu, penelitian ini menguji implementasi pada beberapa platform (VR, Desktop, Mobile) untuk melihat perbedaan pengalaman pengguna dan efektivitas pembelajaran pada konteks penggunaan yang berbeda.

### Pertanyaan Penelitian (PT)

1. **PT1:** Bagaimana tingkat kepuasan pengalaman pengguna (usability/UX) pada Virtual Classroom VR multi-user ketika diukur menggunakan GUESS? [10]
2. **PT2:** Apakah penggunaan Virtual Classroom meningkatkan pemahaman konsep Hukum Newton berdasarkan perbandingan hasil pre-test dan post-test? [13]
3. **PT3:** Bagaimana perbandingan pengalaman pengguna dan hasil belajar pada platform VR, Desktop, dan Mobile dalam Virtual Classroom yang sama? [6] - [9]

### Kontribusi

Artikel ini berkontribusi dengan: (1) merancang dan mengimplementasikan Virtual Classroom VR multi-user untuk pembelajaran kolaboratif; (2) menyajikan evaluasi yang menggabungkan GUESS dan indikator pembelajaran berbasis pre-post test; serta (3) memberikan analisis komparatif lintas platform sekaligus mempertimbangkan isu cybersickness dan novelty effect sebagai faktor penting dalam interpretasi hasil.

## II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LATAR BELAKANG

### A. VR dalam Pendidikan Fisika

Kebutuhan utama dalam pendidikan Fisika adalah menghadirkan pengalaman belajar yang mendorong siswa membangun pemahaman konseptual melalui aktivitas bermakna, bukan sekadar menerima informasi. Bukti klasik dalam pendidikan Fisika menunjukkan bahwa pendekatan *interactive-engagement* secara konsisten menghasilkan capaian belajar lebih baik daripada metode tradisional dalam mata kuliah mekanika, sehingga “keterlibatan aktif” menjadi prasyarat kuat bagi perbaikan pembelajaran Fisika [13].

Dalam konteks pembelajaran modern, VR dipandang sebagai media yang mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih “mengalami” (experiential), karena menyediakan lingkungan 3D imersif yang mendorong keterlibatan sensorik serta interaksi pengguna terhadap objek/simulasi. Temuan-temuan literatur menyebutkan bahwa VR dapat membantu pembelajaran teori dan praktikum, khususnya ketika materi sulit dipraktikkan di dunia nyata atau ketika akses laboratorium terbatas [5], [7].

Namun, literatur juga menekankan bahwa efektivitas VR tidak otomatis muncul hanya karena teknologinya. Hasil belajar dan engagement sangat dipengaruhi oleh desain instruksional dan elemen sistem, misalnya kejelasan tujuan belajar, kualitas umpan balik, interaksi bermakna, serta kesesuaian aktivitas dengan kebutuhan konsep. Tinjauan sistematis pada VR untuk pendidikan tinggi merangkum elemen desain dan pelajaran penting (lessons learned) yang dapat dijadikan acuan dalam merancang pembelajaran VR agar tidak sekadar menjadi “demo teknologi” [7].

Selain itu, review kritis tentang dampak VR terhadap engagement menegaskan bahwa banyak studi melaporkan peningkatan keterlibatan, tetapi kualitas bukti bervariasi dan masih diperlukan desain evaluasi yang lebih ketat untuk membedakan efek desain pembelajaran dari efek kebaruan teknologi. Artinya, penelitian VR di kelas perlu memadukan indikator pengalaman pengguna dan indikator belajar yang lebih objektif untuk memastikan manfaatnya benar-benar pada pembelajaran, bukan sekadar “menarik” [6], [12].

### B. Pembelajaran Kolaboratif Multi-user

Kebutuhan pembelajaran tidak hanya terkait materi, tetapi juga bentuk interaksi sosial—diskusi, kolaborasi, dan problem-solving bersama. Dalam konteks VR, pembelajaran kolaboratif menjadi topik yang berkembang karena VR memungkinkan “ruang bersama” (shared virtual space) untuk berinteraksi dengan objek yang sama secara real-time. Tinjauan sistematis mengenai VR dan collaborative learning menggarisbawahi bahwa kolaborasi dalam VR dapat mendukung proses belajar (misalnya koordinasi tugas, eksplorasi bersama, dan pembentukan pemahaman), tetapi implementasinya tidak sederhana: desain interaksi, pembagian peran, dan mekanisme komunikasi sangat menentukan kualitas kolaborasi [8].

Di level implementasi, konsep *multi-user VR (MuVR)* juga memunculkan kebutuhan evaluasi yang berbeda dibanding VR single-user. Sebuah studi evaluasi faktor manfaat pada lingkungan pembelajaran 3D berbasis MuVR menekankan perlunya menilai manfaat sistem secara

struktural—bukan hanya kesan “seru”—karena aspek multi-user membawa dinamika tambahan seperti sinkronisasi interaksi, keterbacaan aktivitas pengguna lain, dan pengalaman sosial yang bisa meningkatkan atau justru mengganggu proses belajar [9].

Pada sisi desain, literatur VR pendidikan menyoroti bahwa elemen seperti interaktivitas objek, umpan balik, dan aturan aktivitas menjadi lebih kompleks ketika ada banyak pengguna. Hal ini memunculkan pertanyaan penting: apakah fitur kolaboratif benar-benar meningkatkan engagement dan hasil belajar, atau justru menciptakan beban kognitif tambahan? Karena itu, penelitian multi-user VR idealnya tidak berhenti pada pembangunan sistem, tetapi juga melaporkan hasil evaluasi pengalaman pengguna dan efektivitas pembelajaran secara terukur [7], [8], [9].

### C. GUESS untuk Lingkungan Imersif

Banyak studi VR edukasi mengevaluasi sistem menggunakan ukuran “usability” yang bersifat umum. Padahal, sistem VR imersif (apalagi yang interaktif dan menyerupai pengalaman game) sering melibatkan dimensi pengalaman yang lebih luas daripada sekadar kemudahan penggunaan—misalnya flow, immersion, enjoyment, engagement, dan aspek sosial. Karena itu, instrumen evaluasi yang menilai kepuasan pengalaman pengguna secara multidimensi menjadi relevan [10].

GUESS (Game User Experience Satisfaction Scale) dikembangkan dan divalidasi untuk menilai kepuasan pengalaman pengguna terhadap sistem berkarakter game secara komprehensif. Keunggulan GUESS adalah pendekatannya yang mengukur banyak aspek pengalaman sehingga dapat menangkap “kualitas pengalaman” yang sering menjadi tujuan utama dari media imersif (termasuk VR edukasi yang memanfaatkan interaksi dan elemen permainan). Dalam konteks virtual classroom yang interaktif, GUESS dapat membantu menilai apakah sistem benar-benar memberikan pengalaman yang memadai bagi pengguna, bukan hanya “berfungsi” [10].

Namun, evaluasi pengalaman di VR juga perlu mempertimbangkan faktor yang dapat menurunkan kualitas pengalaman secara signifikan, seperti *cybersickness*. Tinjauan sistematis tentang *cybersickness* pada perangkat HMD generasi sekarang menegaskan bahwa gejala mual/pusing masih menjadi isu penting dan dapat memengaruhi kepuasan, durasi penggunaan, serta validitas hasil evaluasi (misalnya responden memberi skor rendah bukan karena desain pembelajaran, tetapi karena tidak nyaman) [11].

Selain *cybersickness*, penelitian tentang *novelty effect* mengingatkan bahwa teknologi imersif dapat memunculkan peningkatan skor pengalaman atau engagement pada fase awal karena faktor kebaruan. Jika tidak diantisipasi, *novelty effect* bisa membuat evaluasi terlalu optimistis pada sesi pertama penggunaan VR. Oleh karena itu, studi VR edukasi perlu menjelaskan konteks penggunaan (misalnya pengalaman awal responden) dan menafsirkan hasil dengan hati-hati, khususnya ketika instrumen pengalaman pengguna digunakan sebagai indikator utama [12].

### D. Gap Penelitian Dan Kontribusi

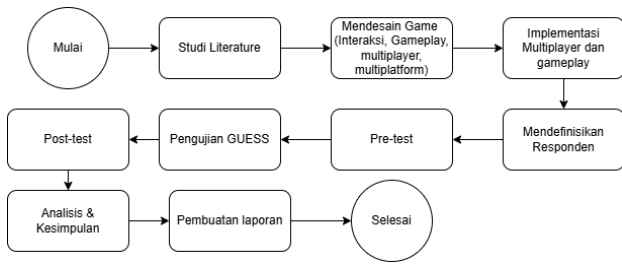
Dari literatur, dapat disimpulkan tiga arah kebutuhan riset. Pertama, VR memiliki potensi untuk meningkatkan keterlibatan dan mendukung pembelajaran, tetapi keberhasilannya bergantung pada desain pembelajaran dan kualitas interaksi yang disediakan sistem [6], [7]. Kedua, pembelajaran kolaboratif dalam VR adalah area yang menjanjikan, namun masih memerlukan bukti empiris yang lebih kuat serta pelaporan desain dan evaluasi yang lebih konsisten, terutama untuk sistem *multi-user* [9], [14]. Ketiga, evaluasi pengalaman pengguna pada lingkungan imersif membutuhkan instrumen yang mampu menangkap dimensi pengalaman yang luas, dan sekaligus mempertimbangkan faktor yang mengganggu seperti *cybersickness* dan *novelty effect* agar interpretasi hasil tidak bias [10], [11], [12].

Berdasarkan kebutuhan tersebut, gap penelitian yang ditargetkan dalam studi ini adalah evaluasi Virtual Classroom VR multi-user untuk pembelajaran Fisika (Hukum Newton) yang menggabungkan: (1) evaluasi pengalaman pengguna multidimensi menggunakan GUESS, serta (2) evaluasi hasil belajar yang lebih objektif menggunakan pre-test dan post-test, dengan mempertimbangkan tantangan implementasi multi-platform [8], [9], [10], [13].

Kontribusi penelitian ini kemudian diposisikan sebagai berikut: (a) menyediakan rancangan dan implementasi virtual classroom multi-user yang mendukung interaksi real-time; (b) memberikan evaluasi pengalaman pengguna berbasis GUESS untuk konteks pembelajaran imersif; (c) melaporkan evaluasi pembelajaran berbasis pre-post test sebagai indikator learning gain, yang selaras dengan tradisi riset Fisika berbasis interactive engagement; serta (d) memberikan landasan interpretasi hasil dengan mempertimbangkan *cybersickness* dan *novelty effect* sebagai bagian dari validitas temuan [10], [11], [12], [13].

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain between-subjects untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran dan pengalaman pengguna pada Virtual Classroom multi-user yang diakses melalui tiga platform: VR, Desktop, dan Mobile. Setiap peserta hanya menggunakan satu platform guna meminimalkan carry-over effect dan bias pembelajaran berulang. Evaluasi dilakukan melalui dua keluaran utama, yaitu (1) hasil belajar menggunakan pre-test/post-test, dan (2) pengalaman pengguna menggunakan GUESS [10]. Selain itu, dilakukan perbandingan antar platform melalui survei persepsi pembelajaran serta pencatatan kendala penggunaan (misalnya *cybersickness*) [11] dan potensi pengaruh *novelty effect* [12]. Rangkaian tahapan penelitian dan alur evaluasi secara ringkas ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Metodologi Penelitian

#### A. Peserta dan Dataset

Penelitian ini melibatkan 31 peserta didik tingkat SMA yang mengikuti sesi evaluasi pada tiga platform: VR, Desktop, dan Mobile. Peserta dibagi ke dalam kelompok berdasarkan platform yang digunakan (pendekatan between-subjects), sehingga setiap peserta menjalani eksperimen pada satu platform untuk menghindari bias pembelajaran berulang (carry-over effect).

Dataset yang dikumpulkan mencakup:

1. **Skor pre-test dan post-test** untuk mengukur perubahan pemahaman konsep pada materi Hukum Newton (khususnya Newton II dan III). Pengukuran pre-post digunakan untuk melihat *learning gain* akibat intervensi pembelajaran, dan analisis peningkatan dapat mengacu pada kerangka evaluasi pembelajaran berbasis gain yang umum dipakai pada riset pendidikan Fisika [13].
2. **Respons kuesioner GUESS** untuk mengukur kepuasan pengalaman pengguna secara multidimensi pada lingkungan interaktif/imersif [10].

#### B. Gambaran Sistem

Sistem yang diuji adalah *Virtual Classroom* multi-user yang memungkinkan beberapa pengguna berada pada ruang virtual yang sama dan berinteraksi secara real-time dengan konten pembelajaran. Sistem menyediakan aktivitas pembelajaran berbasis simulasi/objek 3D untuk mendukung pemahaman materi Hukum Newton, serta skenario interaksi yang dapat digunakan baik pada platform VR maupun non-VR (Desktop/Mobile) untuk tujuan perbandingan lintas platform.

#### C. Protokol Evaluasi

Protokol evaluasi dirancang untuk mengukur hasil belajar dan pengalaman pengguna secara terintegrasi dalam satu alur sesi. Tahapan pelaksanaan adalah sebagai berikut:

1. **Briefing & Orientasi**  
Peserta menerima penjelasan singkat.
2. **Pre-test**  
Peserta mengerjakan pre-test sebagai baseline kemampuan awal [13].
3. **Sesi pembelajaran menggunakan Virtual Classroom**  
Peserta menjalankan aktivitas sesuai platform masing-masing (VR/ Desktop/ Mobile) dalam skenario yang sama
4. **Kuesioner pengalaman pengguna (GUESS)**

Peserta mengisi kuesioner **GUESS** untuk menilai pengalaman pengguna dan kepuasan secara multidimensi pada sistem yang diuji [10].

#### 5. Post-test

Peserta mengerjakan post-test dengan cakupan materi yang sama untuk mengukur perubahan pemahaman konsep.

#### 6. Evaluasi pengalaman pembelajaran

Peserta akan mengisi form mengenai perbandingan pengalaman pembelajaran dengan menggunakan *Virtual Classroom*.

#### D. Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan untuk dua keluaran utama, yaitu (1) efektivitas pembelajaran dan (2) pengalaman pengguna, serta (3) perbandingan antar platform (VR, Desktop, Mobile):

##### 1) Efektivitas Pembelajaran (Pre-test vs Post-test)

- a. Skor pre-test dan post-test dihitung berdasarkan jumlah jawaban benar (skor maksimum mengikuti instrumen tes).
- b. Peningkatan pemahaman dihitung menggunakan:
  1. Selisih skor ( $\Delta$ ) = post – pre, dan
  2. Normalized gain (g):

$$g = \frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{maks} - \text{pre}}$$

Normalized gain digunakan untuk menggambarkan peningkatan belajar yang terstandar dalam studi pembelajaran Fisika [13].

- a. **Uji peningkatan dalam satu platform:** Untuk setiap platform, perbedaan pre-test vs post-test diuji menggunakan:
  1. *paired t-test* jika data normal, atau
  2. *Wilcoxon signed-rank* jika tidak normal.
- b. **Uji perbedaan peningkatan antar platform:** Nilai  $\Delta$  atau g dibandingkan antar platform menggunakan:
  1. *one-way ANOVA* jika asumsi parametrik terpenuhi, atau
  2. *Kruskal-Wallis* jika asumsi tidak terpenuhi. Jika hasil signifikan, dilakukan *post-hoc* untuk mengetahui pasangan platform yang berbeda.

##### 2) Pengalaman Pengguna (GUESS)

- a. **Instrumen:** Pengalaman pengguna diukur menggunakan Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS) [10].
- b. **Skoring:** Skor dihitung sesuai pedoman GUESS (skor total dan/atau skor per dimensi).
- c. **Perbandingan antar platform:** Skor GUESS dibandingkan antar platform menggunakan:
  1. **one-way ANOVA** (parametrik) atau
  2. **Kruskal-Wallis** (non-parametrik), sesuai hasil uji asumsi. Jika signifikan, dilakukan **post-hoc** untuk pasangan platform.

#### E. Uji Asumsi dan Pelaporan

1. **Uji asumsi:** Normalitas diuji dengan *Shapiro-Wilk*, dan homogenitas varians diuji dengan

Levene untuk menentukan uji parametrik/non-parametrik.

2. **Kriteria keputusan:** Taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ .
3. **Pelaporan:** Hasil dilaporkan minimal berupa p-value dan *effect size* (mis.  $\eta^2/\omega^2$  untuk ANOVA; ukuran efek non-parametrik yang sesuai), agar interpretasi tidak hanya bergantung pada signifikansi.

#### IV. HASIL

##### A. Efektivitas Pembelajaran

Efektivitas pembelajaran diukur menggunakan pre-test dan post-test pada 31 responden (kelas X = 6; XI = 20; XII = 5).

Kondisi awal (pre-test). Rata-rata skor pre-test (maksimum 3) menunjukkan pemahaman awal yang rendah: kelas X 0,67/3, kelas XI 0,80/3, dan kelas XII 0,80/3. Selain itu, distribusi pre-test memperlihatkan tidak ada siswa yang mencapai 3/3 pada semua tingkatan, sehingga pre-test dapat digunakan sebagai baseline yang kuat sebelum intervensi.

Hasil setelah intervensi (post-test). Setelah menggunakan Virtual Classroom, skor meningkat tajam. Secara keseluruhan, 77,42% responden memperoleh 3/3, 12,90% memperoleh 2/3, 6,45% memperoleh 1/3, dan hanya 3,23% masih 0/3. Rata-rata post-test per tingkatan juga meningkat menjadi 2,17/3 (kelas X), 2,80/3 (kelas XI), dan 2,60/3 (kelas XII).

Ringkasan peningkatan. Berdasarkan rata-rata gabungan, skor meningkat dari  $\approx 0,77/3$  (pre) menjadi  $\approx 2,65/3$  (post), sehingga peningkatan rata-rata  $\Delta \approx 1,87$  poin (skala 0–3). Normalized gain menurut Hake dapat dihitung sebagai:

$$g = \frac{\text{post} - \text{pre}}{\text{maks} - \text{pre}} \approx \frac{2,65 - 0,77}{3 - 0,77} \approx 0,84$$

Nilai tersebut menunjukkan peningkatan belajar yang tinggi setelah intervensi [13].

TABEL I  
PRE-POST TEST (RATA-RATA SKOR)

Klp	n	R. Pr	R. Po	$\Delta$	Max	g
K. X	6	0.67	2.17	1.50	3	0.64
K. XI	20	0.80	2.80	2.00	3	0.91
K. XII	5	0.80	2.60	1.80	3	0.82
Total	31	0.77	2.65	1.88	3	0.84

Keterangan:

1. Klp = Kelompok
2. R. Pr = Rata-rata Pre-test
3. R. Po = Rata-rata Post-test
4. g = Normalized Gain
5.  $\Delta$  = Delta
6. K = Kelas

##### B. Pengalaman Pengguna (GUESS)

Pengalaman pengguna dievaluasi menggunakan **Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS)** [10]. Hasil

GUESS diringkas sebagai rata-rata skor per kategori (skala 1–7) dan proporsi respons positif.

TABEL II  
DISTRIBUSI SKOR POST-TEST

Skor	J.B	Persen	Catatan
0/3	0	3,23%	Masih tidak menjawab benar
1/3	1	6,45%	Pemahaman rendah
2/3	2	12,90%	Pemahaman sedang
3/3	3	77,42%	Pemahaman tinggi

Keterangan:

1. J.B = Jumlah Benar
2. Persen = Presentase

Kategori dengan skor tertinggi:

1. Cognitive Stimulation: 5,55/7
  2. Gameplay & Motivation: 5,48/7
- Temuan ini menunjukkan bahwa sistem mendorong eksplorasi, keterlibatan kognitif, dan motivasi pengguna selama aktivitas belajar.

Kategori yang dinilai baik (stabil):

1. Usability & UI Clarity: 5,15/7
  2. Immersion & Narrative Engagement: 5,18/7
  3. Emotional Experience: 5,21/7
- Skor ini mengindikasikan bahwa aplikasi relatif mudah digunakan serta cukup mampu membangun keterlibatan dan pengalaman emosional yang positif selama pembelajaran.

Kategori yang perlu ditingkatkan (kelemahan):

1. Audio & Visual Presentation: 4,86/7
  2. Social Experience: 4,68/7
- Hasil ini mengarah pada dua prioritas peningkatan: kualitas presentasi audio-visual dan penguatan pengalaman sosial/kolaboratif dalam konteks multi-user [10].

TABEL III  
SKOR GUESS

K.GUESS	%Pos ( $\geq 5$ )	%Min N ( $\geq 4$ )	Mean	Catatan
Usability & UI	64.50%	90.30%	5.15	Antarmuka cukup jelas/mudah digunakan
Audio & Visual	51.60%	80.60%	4.86	Perlu peningkatan kualitas audio/visual
Immersion & Narrative Engagement	64.50%	90.30%	5.18	Imersi baik untuk konteks belajar

Emotional Experience	64.50%	90.30%	5.21	Pengalaman terasa menyenangkan
Cognitive Stimulation	77.40%	96.80%	5.55	Tertinggi; memicu eksplorasi & berpikir
Gameplay & Motivation	71.00%	93.50%	5.48	Motivasi belajar terjaga
Social Experience	48.40%	71.00%	4.68	Terendah; kolaborasi perlu diperkuat

Keterangan:

1. K.GUESS = Kategori GUESS
2. Mean = Rata-rata
3. Pos = Positif
4. Min N = Minimal Netral
5. Per = peringkat

### C. Perbandingan Platform

Pengujian dilakukan pada tiga platform: VR, Desktop, dan Mobile. Ringkasan hasil menunjukkan platform VR memberikan nilai keseluruhan tertinggi (83,3%) dibanding Desktop (60%) dan Mobile (50%). Perbedaan ini terutama dipengaruhi oleh karakteristik interaksi dan tingkat imersi yang lebih tinggi pada VR dibanding platform non-VR. Dari sisi kendala penggunaan, platform memiliki pola hambatan yang berbeda:

1. **Mobile:** kendala kontrol/interaksi (terutama pada aktivitas manipulasi objek 3D) dan keterbatasan perangkat (misalnya sensitivitas kamera/pencahayaan) membuat pengalaman interaksi lebih sulit dibanding desktop/VR.
2. **Desktop:** kendala lebih banyak terkait kompatibilitas periferal (misalnya audio) dan performa aplikasi (misalnya lag/crash) yang dapat mengganggu kelancaran sesi.
3. **VR:** meskipun unggul dalam pengalaman imersif, terdapat isu kenyamanan yang perlu diperhatikan. Sebagian pengguna melaporkan **motion sickness**, yang dalam literatur dikenal sebagai salah satu tantangan utama pada penggunaan HMD generasi sekarang dan dapat menurunkan kenyamanan serta durasi penggunaan [11].

TABEL IV  
PERBANDINGAN PLATFORM

Plat	S All	Key F	Prob F	Note
VR	83.3%	Imersi tinggi, interaksi 3D lebih natural	Potensi cybersickness	5/11 pengguna VR (45,45%) melaporkan motion sickness

Desktop	60.0%	Akses lebih mudah, kontrol relatif stabil	Keterbatasan interaksi 3D dibanding VR	Hambatan performa/kompatibilitas periferal dapat mengganggu sesi
Mobile	50.0%	Paling mudah dijangkau secara perangkat	Kontrol & manipulasi objek 3D lebih sulit	Keterbatasan imersi layar dan kendala perangkat

Keterangan:

1. Plat = Platform
2. S. All = Skor All (keseluruhan)
3. Key F = Key Factor
4. Prob F = Problem Factor

Dari aspek kenyamanan, isu utama pada VR adalah motion sickness. Data menunjukkan 5 dari 11 pengguna VR (45,45% pengguna VR; 16,13% dari seluruh responden) melaporkan motion sickness, sementara tidak ada keluhan serupa pada desktop maupun mobile. Temuan ini menguatkan bahwa keunggulan imersi VR perlu diimbangi strategi mitigasi cybersickness agar durasi belajar efektif tidak turun.

Dengan demikian, hasil perbandingan platform menunjukkan trade-off yang jelas: VR unggul pada pengalaman, namun memerlukan mitigasi aspek kenyamanan (cybersickness), sedangkan desktop dan mobile lebih mudah diakses tetapi memiliki keterbatasan imersi dan kontrol untuk simulasi 3D [11].

### D. Persepsi Metode Pembelajaran

Persepsi responden terhadap metode pembelajaran dievaluasi melalui pertanyaan perbandingan dengan pembelajaran daring/metode alternatif.

Responden mayoritas menyatakan Virtual Classroom lebih efektif membantu pemahaman dibanding metode alternatif, meskipun masih terdapat sebagian responden yang menilai “sama saja” atau “kurang efektif”. Pola ini menunjukkan bahwa manfaat metode VR tidak selalu dirasakan merata oleh seluruh pengguna—kemungkinan dipengaruhi oleh variasi kemampuan awal, pengalaman teknologi, maupun kenyamanan saat penggunaan VR.

Sebagian responden menilai Virtual Classroom unggul karena menghadirkan rasa “berada di ruang yang sama” untuk berdiskusi dan bereksperimen. Namun, proporsi besar responden juga menilai kualitas interaksi “setara” dengan pembelajaran daring tertentu. Hal ini sejalan dengan temuan GUESS bahwa *Social Experience* masih menjadi kategori terendah, sehingga aspek kolaboratif perlu diperkuat agar manfaat multi-user lebih konsisten terasa.

Mayoritas responden memilih Virtual Classroom karena memungkinkan manipulasi objek 3D dan memberi pengalaman praktik yang lebih nyata dibanding simulasi 2D/video. Temuan ini mendukung posisi VR sebagai media yang potensial untuk memperkaya pengalaman belajar dan

meningkatkan engagement, sebagaimana dibahas dalam literatur VR edukasi.

Dalam menafsirkan persepsi pengguna terhadap VR, perlu diingat adanya dua faktor yang sering memengaruhi penilaian: *cybersickness* yang dapat menurunkan kenyamanan [11], serta *novelty effect* yang dapat menaikkan skor pengalaman pada penggunaan awal karena faktor kebaruan teknologi [12]. Karena itu, persepsi positif perlu dibaca bersama data tes (pre-post) dan temuan kendala per platform.

## V. PEMBAHASAN

### A. Perolehan Pembelajaran vs Karya Prior

Hasil penelitian menunjukkan peningkatan pemahaman konsep Hukum Newton yang kuat berdasarkan perbandingan pre-test dan post-test, dengan *normalized gain*  $g \approx 0,84$  (kategori tinggi). Secara konseptual, temuan ini selaras dengan tradisi riset pendidikan Fisika yang menekankan keunggulan pendekatan interactive-engagement dibanding metode tradisional, karena siswa belajar lebih efektif ketika terlibat aktif melalui eksplorasi dan interaksi [13]. Dalam konteks Virtual Classroom, aktivitas manipulasi objek dan simulasi gaya-massa-percepatan menciptakan kondisi yang lebih dekat dengan interactive engagement (aktif, berbasis tindakan), sehingga masuk akal jika learning gain meningkat.

Dibanding literatur VR edukasi, pola ini konsisten dengan temuan bahwa VR dapat meningkatkan keterlibatan dan membantu pemahaman, terutama ketika pengalaman belajar melibatkan interaksi bermakna dan visualisasi 3D. Namun, literatur juga mengingatkan bahwa manfaat VR tidak otomatis; efektivitas bergantung pada elemen desain pembelajaran (tujuan, umpan balik, aktivitas) dan cara integrasi ke sesi belajar [7]. Dengan demikian, learning gain yang tinggi pada penelitian ini dapat diinterpretasikan sebagai indikasi bahwa desain aktivitas dan representasi 3D yang Anda gunakan cukup tepat untuk mendorong konstruksi pemahaman, bukan sekadar “VR yang menarik”.

Meski hasilnya kuat, interpretasi perlu hati-hati pada dua hal. Pertama, peningkatan yang besar bisa dipengaruhi durasi dan struktur sesi (misalnya adanya penjelasan awal/briefing), bukan hanya medianya. Kedua, ada potensi *novelty effect* pada pembelajaran imersif, yakni antusiasme awal karena teknologi baru yang dapat meningkatkan engagement dan perhatian pada sesi pertama. Karena itu, klaim efektivitas paling kuat jika pada studi lanjutan dilakukan pengukuran berulang (misalnya beberapa pertemuan) untuk melihat apakah peningkatan tetap stabil setelah fase “kebaruan” berkurang [12].

### B. Insight Kegunaan Platform

Perbandingan platform menunjukkan trade-off yang jelas: VR unggul dalam imersi dan pengalaman, sedangkan Desktop/Mobile lebih mudah diakses tetapi menghadapi keterbatasan kontrol dan kedalaman interaksi 3D. Pola ini konsisten dengan review yang menekankan bahwa VR meningkatkan engagement terutama ketika siswa merasa “hadir” dan dapat berinteraksi langsung dengan lingkungan virtual. Di sisi lain, platform non-VR cenderung menghadapi batasan input (keyboard/mouse atau layar sentuh) yang dapat

mengurangi kelancaran manipulasi objek, sehingga berpotensi menurunkan kualitas pengalaman praktik.

Temuan paling penting pada VR adalah isu kenyamanan: sebagian pengguna mengalami *motion sickness*, yang dalam literatur dikenal sebagai bentuk *cybersickness* dan masih menjadi tantangan nyata pada HMD generasi sekarang [11]. Dampaknya bersifat metodologis dan praktis: (1) bisa menurunkan kepuasan pengguna (skor UX) dan (2) dapat mengurangi durasi belajar efektif karena peserta ingin cepat selesai. Karena itu, “VR paling unggul” perlu dibaca sebagai “VR paling unggul bila aspek kenyamanan dikelola”.

Selain itu, pada hasil GUESS, kategori *Social Experience* menjadi yang terendah. Ini memberi insight bahwa “multi-user” secara teknis belum tentu otomatis menghasilkan pengalaman sosial yang kuat. Literatur tentang VR kolaboratif juga menegaskan bahwa kualitas kolaborasi sangat bergantung pada desain aktivitas: pembagian peran, ketergantungan antar anggota, mekanisme komunikasi, dan keterlihatan tindakan pengguna lain [8]. Studi MuVR juga menyoroti perlunya mengevaluasi manfaat sistem secara struktural karena multi-user dapat menjadi pendorong belajar atau distraksi tergantung desain interaksinya [9]. Jadi, rendahnya Social Experience dapat diartikan bahwa mode multi-user sudah berjalan, tetapi skrip kolaborasi dan mekanisme interaksi sosial masih perlu dipertegas agar kontribusinya terasa konsisten.

### C. Implikasi dan Rekomendasi

Berdasarkan temuan (learning gain tinggi, UX umumnya positif, namun Social Experience dan kenyamanan VR masih menjadi tantangan), implikasi dan rekomendasi utama adalah sebagai berikut.

- 1) Perkuat desain pembelajaran, bukan hanya fitur teknis. Karena efektivitas VR sangat dipengaruhi desain aktivitas dan umpan balik, rekomendasi pertama adalah memperjelas tujuan mikro tiap aktivitas (misalnya “membedakan Newton II vs III”), lalu menambah umpan balik konseptual saat siswa melakukan aksi (contoh: indikator gaya-resultan, percepatan, atau penjelasan singkat ketika jawaban salah). Ini sejalan dengan lesson learned pada VR edukasi bahwa elemen desain instruksional menentukan efektivitas.
- 2) Tingkatkan kualitas pembelajaran kolaboratif multi-user. Agar Social Experience meningkat, multi-user perlu didukung desain kolaborasi yang “memaksa” kerja sama bermakna, misalnya:
  1. **Role-based tasks** (ketua eksperimen, pencatat, pengatur gaya, pengamat hasil),
  2. **Shared objective** yang tidak bisa selesai sendiri (misalnya dua orang harus mengatur parameter berbeda agar eksperimen berhasil),
  3. **Komunikasi terstruktur** (prompt diskusi di dalam sistem, checklist kolaborasi),
  4. **Visual cues** yang memperjelas aksi teman (highlight objek yang sedang disentuh pengguna lain, indikator kontribusi).

Rekomendasi ini sejalan dengan tinjauan sistematis VR kolaboratif dan temuan MuVR

bahwa kualitas manfaat multi-user muncul jika desain aktivitas kolaboratif jelas.

- 3) Mitigasi cybersickness sebagai syarat adopsi VR. Untuk mengurangi motion sickness, sistem VR perlu menyediakan opsi kenyamanan: teleport movement, pembatasan percepatan kamera, snap turning, horizon stabil, serta sesi adaptasi singkat sebelum aktivitas utama. Literatur cybersickness menekankan bahwa faktor kenyamanan sangat memengaruhi keberlanjutan penggunaan dan kualitas evaluasi pengalaman [11].
- 4) Kontrol bias novelty effect dalam evaluasi lanjutan. Untuk memperkuat klaim ilmiah, studi berikutnya sebaiknya menambahkan sesi familiarisasi (tanpa materi) atau melakukan evaluasi pada beberapa pertemuan, sehingga skor UX dan hasil belajar tidak didominasi efek “kebaruan” VR [12].
- 5) Strategi implementasi realistik lintas platform. Karena akses perangkat VR tidak selalu merata, pendekatan praktis adalah menjadikan VR sebagai mode utama untuk aktivitas eksperimen yang paling membutuhkan imersi, sementara Desktop/Mobile difokuskan pada latihan konsep, review, atau tugas ringan. Strategi ini menjaga aksesibilitas sambil tetap memanfaatkan keunggulan VR pada engagement dan pengalaman praktik. Temuan literatur tentang VR di kelas menunjukkan bahwa integrasi yang tepat lebih penting daripada penggunaan VR untuk semua sesi.

## VI. KETERBATASAN

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dinyatakan secara eksplisit agar interpretasi hasil tetap proporsional.

Pertama, ukuran sampel relatif kecil dan berasal dari satu konteks institusi/lingkungan sekolah (total 31 responden). Kondisi ini membatasi generalisasi temuan ke populasi yang lebih luas, misalnya sekolah dengan karakteristik siswa, fasilitas, atau kurikulum yang berbeda. Oleh karena itu, hasil peningkatan pembelajaran dan evaluasi pengalaman pengguna pada penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai bukti awal (initial evidence) pada konteks implementasi yang diteliti.

Kedua, penggunaan platform VR menghadapi keterbatasan kenyamanan berupa *motion sickness* (cybersickness). Dalam data, sebagian pengguna VR melaporkan gejala tersebut, sehingga pengalaman pengguna dapat terpengaruh bukan hanya oleh kualitas desain pembelajaran, tetapi juga oleh faktor fisiologis/kenyamanan perangkat. Hal ini berpotensi menurunkan skor pengalaman pengguna serta mengurangi durasi belajar efektif, sehingga interpretasi perbandingan platform perlu mempertimbangkan faktor ini [11].

Ketiga, penelitian ini belum sepenuhnya mengontrol *novelty effect*, yaitu peningkatan penilaian atau engagement karena faktor kebaruan teknologi VR, terutama jika sebagian responden baru pertama kali menggunakan VR. Akibatnya, sebagian penilaian positif (misalnya pada aspek motivasi/keterlibatan) dapat dipengaruhi antusiasme awal

dan belum tentu merepresentasikan kondisi penggunaan jangka panjang. Untuk memperkuat validitas, studi lanjutan perlu menambahkan sesi familiarisasi atau evaluasi multi-pertemuan untuk melihat apakah hasil tetap stabil setelah efek kebaruan berkurang [12].

## VII. KESIMPULAN

Bagian ini merangkum hasil penelitian dengan menutup lingkaran pertanyaan penelitian (PT1–PT3) serta menegaskan pesan utama dan arah studi lanjutan.

Berdasarkan evaluasi menggunakan GUESS [10], pengalaman pengguna terhadap Virtual Classroom dinilai positif pada sebagian besar kategori. Kekuatan utama berada pada *Cognitive Stimulation* (5,55/7) dan *Gameplay & Motivation* (5,48/7) yang menunjukkan sistem mampu mendorong keterlibatan kognitif dan motivasi belajar. Aspek *Usability* juga berada pada kategori baik (5,15/7), menandakan antarmuka tidak menjadi hambatan utama. Namun, kategori terendah adalah *Social Experience* (4,68/7) dan *Audio-Visual* (4,86/7), sehingga pengalaman sosial multi-user serta kualitas presentasi menjadi prioritas peningkatan.

Hasil *pre-test-post-test* menunjukkan peningkatan pemahaman konsep Hukum Newton yang sangat kuat. Mayoritas responden mencapai skor maksimum pada post-test (77,42% mendapat 3/3), dan perhitungan *normalized gain* menghasilkan  $g \approx 0,84$  (kategori peningkatan tinggi), yang mengindikasikan peningkatan belajar tinggi. Temuan ini konsisten dengan prinsip pembelajaran Fisika berbasis keterlibatan aktif (interactive engagement) yang cenderung menghasilkan capaian lebih baik [13].

Perbandingan VR, Desktop, dan Mobile menunjukkan VR memberikan hasil paling baik dari sisi pengalaman/efektivitas keseluruhan (ringkasan skor 83,3%), diikuti Desktop (60%) dan Mobile (50%). Meski demikian, VR memiliki kendala kenyamanan berupa *motion sickness*, yang dapat memengaruhi pengalaman belajar [11]. Hal ini menegaskan adanya trade-off antara imersi (VR) dan aksesibilitas (Desktop/Mobile).

Secara keseluruhan, Virtual Classroom multi-user berbasis VR efektif meningkatkan pemahaman konsep Hukum Newton dan memberikan pengalaman pengguna yang cenderung positif. Namun, kualitas pengalaman sosial kolaboratif dan kenyamanan penggunaan VR masih menjadi tantangan yang perlu ditangani agar manfaat multi-user lebih konsisten dan penggunaan lebih berkelanjutan.

Penelitian berikutnya disarankan untuk: (1) memperluas sampel dan konteks institusi agar temuan lebih general; (2) memperkuat desain kolaborasi multi-user (role-based tasks dan mekanisme interaksi sosial) untuk meningkatkan Social Experience; (3) menerapkan strategi mitigasi cybersickness pada VR; serta (4) mengontrol *novelty effect* melalui sesi familiarisasi atau evaluasi multi-pertemuan agar hasil lebih stabil untuk penggunaan jangka panjang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan penyertaan-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing, I Kadek Dendy S., S.T., M.Eng. dan Matahari Bhakti Nendya, S.Kom., M.T., yang telah memberikan arahan ilmiah, koreksi, dan dukungan selama penyusunan desain penelitian, penyempurnaan instrumen evaluasi, hingga finalisasi naskah jurnal.

Penulis juga berterima kasih kepada pimpinan dan sivitas akademika di lingkungan Fakultas Teknologi Informasi serta Program Studi Informatika Universitas Kristen Duta Wacana atas dukungan akademik dan administrasi, termasuk kelancaran perizinan dan fasilitasi yang diperlukan selama proses penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada pihak sekolah/instansi mitra dan para guru yang membantu koordinasi pelaksanaan uji coba, serta kepada seluruh responden siswa SMA yang bersedia meluangkan waktu mengikuti rangkaian eksperimen (briefing, pre-test, sesi penggunaan sistem, pengisian GUESS, dan post-test). Partisipasi responden sangat menentukan kualitas temuan dan validitas evaluasi dalam penelitian ini.

Secara khusus, penulis juga mengapresiasi dukungan keluarga yang senantiasa memberikan doa, motivasi, dan dukungan moral selama proses penelitian. Penulis turut berterima kasih kepada rekan-rekan yang membantu proses persiapan uji coba, dokumentasi, serta diskusi perbaikan teknis. Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian dan penulisan jurnal ini.

## PERNYATAAN ETIKA PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan partisipan siswa SMA dalam kegiatan uji coba pembelajaran menggunakan Virtual Classroom. Pelaksanaan penelitian dilakukan setelah memperoleh izin dari pihak sekolah/instansi mitra dan didampingi oleh pihak terkait saat pengambilan data. Partisipasi bersifat sukarela; peserta memperoleh penjelasan singkat mengenai tujuan kegiatan, alur eksperimen (briefing, pre-test, penggunaan sistem, pengisian kuesioner, dan post-test), serta hak untuk menghentikan partisipasi kapan pun. Data yang dikumpulkan tidak memuat identitas personal peserta dan digunakan hanya untuk kepentingan akademik dan evaluasi sistem.

## KETERSEDIAAN DATA DAN MATERI

Data penelitian berupa skor pre-test–post-test, respons kuesioner GUESS, dan ringkasan penilaian perbandingan platform disimpan oleh penulis. Mengingat data melibatkan partisipan siswa, data mentah tidak dipublikasikan secara terbuka untuk menjaga privasi. Namun, dataset yang telah dianonimkan serta ringkasan instrumen dapat disediakan

untuk keperluan verifikasi atau replikasi penelitian atas permintaan yang wajar kepada penulis.

## KONTRIBUSI PENULIS

Penulis bertanggung jawab atas perancangan penelitian, pelaksanaan eksperimen, pengolahan dan analisis data, serta penulisan naskah. Dosen pembimbing berperan dalam supervisi ilmiah, masukan metodologis, dan peninjauan naskah.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Fitriani, "Analisa pemanfaatan learning management system (LMS) sebagai media pembelajaran online selama pandemi covid-19," *JISICOM (Journal of Information System ...*, no. Query date: 2024-10-02 05:10:19, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/jisicom/article/view/312>
- [2] N. A. Larasati dan S. Andayani, "Pengaruh Penggunaan Learning Management System (LMS) Terhadap Tingkat Kepuasan Mahasiswa Menggunakan Metode DeLone and McLean," vol. 04, 2019.
- [3] R. Siswanto, "Transformasi Digital dalam Pemulihan Pendidikan Pasca Pandemi," *Diambil kembali dari Direktorat Guru Pendidikan Dasar ...*, no. Query date: 2024-10-03 07:45:57, 2022.
- [4] H. Saurik, D. Purwanto, dan ..., "Teknologi virtual reality untuk media informasi kampus," *Jurnal Teknologi Informasi ...*, no. Query date: 2024-10-06 16:43:28, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.academia.edu/download/79711119/pdf.pdf>
- [5] A. Shabir, "Ujicoba penggunaan teknologi virtual reality sebagai media pembelajaran," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, no. Query date: 2024-10-04 09:17:54, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/download/2773/2384>
- [6] X. P. Lin, B. B. Li, Z. N. Yao, Z. Yang, dan M. Zhang, "The impact of virtual reality on student engagement in the classroom—a critical review of the literature," *Front. Psychol.*, vol. 15, hlm. 1360574, Apr 2024, doi: 10.3389/fpsyg.2024.1360574.
- [7] J. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, dan I. Wohlgenannt, "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda," *Computers & Education*, vol. 147, hlm. 103778, Apr 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103778.
- [8] N. Van Der Meer, V. Van Der Werf, W.-P. Brinkman, dan M. Specht, "Virtual reality and collaborative learning: a systematic literature review," *Front. Virtual Real.*, vol. 4, hlm. 1159905, Mei 2023, doi: 10.3389/frvir.2023.1159905.
- [9] A. Rizal, D. Yusup, dan A. Voutama, "Evaluasi Faktor Manfaat Sistem Lingkungan Pembelajaran 3 Dimensi Berbasis Multi-User Virtual Reality (MuVR)," *JTIK*, vol. 7, no. 5, hlm. 895–904, Okt 2020, doi: 10.25126/jtik.2020752215.
- [10] M. H. Phan, J. R. Keebler, dan B. S. Chaparro, "The Development and Validation of the Game User Experience Satisfaction Scale (GUESS)," *Hum Factors*, vol. 58, no. 8, hlm. 1217–1247, Des 2016, doi: 10.1177/0018720816669646.
- [11] P. Caserman, A. Garcia-Agundez, A. Gámez Zerban, dan S. Göbel, "Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: systematic review and outlook," *Virtual Reality*, vol. 25, no. 4, hlm. 1153–1170, Des 2021, doi: 10.1007/s10055-021-00513-6.
- [12] I. Miguel-Alonso, D. Checa, H. Guillen-Sanz, dan A. Bustillo, "Evaluation of the novelty effect in immersive Virtual Reality learning experiences," *Virtual Reality*, vol. 28, no. 1, hlm. 27, Mar 2024, doi: 10.1007/s10055-023-00926-5.
- [13] R. R. Hake, "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses," *American Journal of Physics*, vol. 66, no. 1, hlm. 64–74, Jan 1998, doi: 10.1119/1.18809.

- [14] M. Azmi, H. Mansur, dan A. Utama, "Potensi Pemanfaatan Virtual Reality Sebagai Media Pembelajaran Di Era Digital," *Jurnal Dimensi Pendidikan ...*, no. Query date: 2024-10-15 19:08:58, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.umpo.ac.id/index.php/dimensi/article/view/9746>