

PENGEMBANGAN LABORATORIUM VIRTUAL AIRFIELD LIGHTING SYSTEM BERBASIS VIRTUAL REALITY

Musri Kona
Rifqi Raza Bunahri
Fapriia Simaremare
Nur Fadhil

Politeknik Penerbangan Jayapura, Papua, Indonesia
E-mail: musrikona78@gmail.com

Abstract: *The Airport Electrical Engineering Study Program at Jayapura Aviation Polytechnic emphasizes practical learning, especially in the Airfield Lighting System (AFL) course. Due to limited facilities on campus, the practical session was held at Sentani Airport. The purpose of this study was to develop a "Virtual" application as a learning media for virtual reality-based visual landing aids. This study uses the Research and Development (R&D) method with the ADDIE development model, which consists of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The data collection techniques used were observation, questionnaires, and instruments involving several reviewers, namely: three media experts, three material experts, and 24 students of the 4th batch of the Jayapura Aviation Polytechnic Airport Electrical Engineering study program and using quantitative data analysis techniques under ISO 25010 standards. The results of this study are the media aspect of 4.29 (Very Feasible), the material aspect of 100% (valid), the functional suitability aspect of 100% (very feasible), the compatibility aspect of 100% (very feasible), and the usability aspect of 82.72% (very feasible).*

Keywords: *virtual laboratory, runway edge lights, virtual reality*

Abstrak: Program Studi Teknik Listrik Bandara di Politeknik Penerbangan Jayapura menekankan pada pembelajaran praktik, khususnya pada mata kuliah Airfield Lighting System (AFL). Karena keterbatasan fasilitas di dalam kampus, sesi praktikum dilaksanakan di Bandara Sentani. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan aplikasi "Virtual" sebagai media pembelajaran alat bantu pendaratan visual berbasis *virtual reality*. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi, kuesioner, dan instrumen yang melibatkan beberapa reviewer, yaitu: tiga orang ahli media, tiga orang ahli materi, dan 24 orang mahasiswa angkatan ke-4 program studi Teknik Listrik Bandara Politeknik Penerbangan Jayapura. Menggunakan teknik analisis data kuantitatif sesuai dengan standar ISO 25010. Hasil dari penelitian ini adalah aspek media sebesar 4,29 (Sangat Layak), aspek materi sebesar 100% (valid), aspek functional suitability sebesar 100% (sangat layak), aspek compatibility sebesar 100% (sangat layak), dan aspek usability sebesar 82,72% (sangat layak).

Kata kunci: laboratorium virtual, lampu tepi landasan pacu, realitas virtual

Di era pasca pandemi, transformasi digital sangat penting untuk pendidikan inklusif, khususnya dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21 (seperti berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi digital) pada beragam pelajar (Wasila et al., 2024). Program Studi Teknik Listrik Bandara merupakan salah satu program studi yang ada di Politeknik Penerbangan Jayapura. Dalam pelaksanaan pendidikan, program

studi Teknik Listrik Bandara menggunakan kurikulum dimana komposisi prosentase praktek lebih banyak dibandingkan dengan pembelajaran teori, sehingga dalam proses pembelajaran untuk menunjang praktek tersebut diperlukan fasilitas/peralatan praktek yang memadai. Khususnya untuk mata kuliah AFL, dimana mata kuliah ini mempelajari tentang sudut, bentuk, arah pencahayaan, jenis dan tipe lampu. Mata kuliah *Airfield*

Lighting System (AFL) ini diberikan dalam bentuk teori dan praktek. Teori disampaikan di kelas sebelum pelaksanaan kegiatan praktek di laboratorium. Sedangkan untuk kegiatan praktek, saat ini para mahasiswa harus berkunjung ke Bandara Sentani karena laboratorium listrik Politeknik Penerbangan Jayapura masih belum dilengkapi dengan fasilitas *Airfield Lighting System* (AFL).

Virtual reality (VR) adalah teknologi yang menciptakan pengalaman simulasi yang imersif, yang memungkinkan pengguna untuk merasakan lingkungan 3D yang dihasilkan komputer seolah-olah mereka benar-benar berada di dalamnya (Mystakidis, 2022). Melalui penggunaan perangkat seperti headset dan pengontrol VR, pengguna dapat berinteraksi dengan objek dan lingkungan digital, memberikan pengalaman belajar dan bermain yang lebih interaktif daripada media tradisional (Pangestu & Rahmi, 2022; Wijayanto et al., 2023). Dalam konteks pendidikan, VR menawarkan kesempatan unik untuk meningkatkan pemahaman konsep yang kompleks melalui simulasi praktis, yang memungkinkan siswa untuk mempraktikkan keterampilan teknis dalam situasi yang aman dan terkendali (Bonafix & Nediari, 2022; Zhang et al., 2022). Selain itu, VR juga dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, karena pengalaman yang disajikan lebih menarik dan menyenangkan (Sulistiani et al., 2023). Di berbagai bidang, termasuk teknik, kesehatan, dan arsitektur, teknologi ini telah menunjukkan potensi yang besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran dan mempersiapkan individu untuk menghadapi tantangan dunia nyata (Curran et al., 2023; Morimoto et al., 2022).

Menurut Wulandari dkk. (2023) media pembelajaran adalah suatu cara untuk menyampaikan informasi tentang materi pelajaran dengan menggunakan alat bantu yang dimaksudkan untuk meningkatkan minat belajar siswa. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa metode pemilihan media pembelajaran yang paling penting adalah memastikan bahwa siswa belajar agar secara bertahap dapat meningkatkan minat belajar mereka. Pembelajaran praktek yang digunakan oleh mahasiswa Politeknik Jayapura pada mata kuliah *Airfield Lighting System* (AFL) masih

kurang memadai karena komponen prakteknya masih kurang. Masalah ini membuat mahasiswa kurang memahami konsep instalasi peralatan AFL. Selain itu, media pembelajaran yang digunakan mahasiswa saat ini hanya berupa dokumen peraturan dari pemerintah dan power point pembelajaran yang kurang interaktif (Sukirman et al., 2019) Media pembelajaran interaktif adalah media yang digunakan siswa yang bersifat realistis atau menggunakan teknologi virtual reality sebagai media pembelajaran (Abdulrahman et al., 2020). Hasil penelitian Zahwa & Syafii (2022) menyatakan bahwa siswa akan lebih senang dan pembelajaran akan lebih menarik jika menggunakan aplikasi media pembelajaran interaktif dengan menggunakan teknologi informasi berbasis virtual reality. Hal ini dapat meningkatkan penerimaan siswa terhadap informasi pembelajaran.

Penelitian terdahulu memainkan peran penting dalam artikel ilmiah, karena membantu memperkuat landasan teori dan hubungan atau dampak yang diamati antara variabel (Bunahri et al., 2023). Penelitian ini memiliki urgensi bahwa Program Studi Teknik Listrik Bandara menekankan praktik lebih besar daripada teori, namun fasilitas laboratorium belum mendukung pembelajaran *Airfield Lighting System* (AFL). Mahasiswa terpaksa melakukan praktik di Bandara Sentani yang terbatas oleh biaya dan keamanan. Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran berbasis virtual reality menjadi solusi efektif untuk mensimulasikan pemasangan lampu tepi landasan pacu secara interaktif, aman, dan efisien, guna meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa dalam praktikum AFL.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diperlukan sebuah media untuk menunjang pembelajaran mahasiswa Poltekbang, khususnya pembelajaran yang memanfaatkan teknologi virtual reality. Maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran simulasi dan menganalisis kualitas dan kelayakan aplikasi simulasi instalasi lampu tepi runway sebagai media pembelajaran berbasis virtual reality untuk mahasiswa Program Studi Teknik Listrik Bandara Politeknik Penerbangan Jayapura. Penelitian

ini juga diharapkan dapat membantu meningkatkan pemahaman mahasiswa pada mata kuliah Airfield Lighting System (AFL) pada program studi Teknik Listrik Bandara khususnya praktikum pemasangan lampu tepi landasan pacu. Media pembelajaran ini akan sangat bermanfaat dan efisien terutama bagi kampus yang masih belum memiliki komponen peralatan praktik yang akan diimplementasikan untuk mahasiswa.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi lima tahapan yaitu *Analysis, Design, Develop, Implement, dan Evaluate* (Sugiyono, 2021).



Gambar 1. Tahapan penelitian

Data dikumpulkan melalui observasi, dokumentasi, dan kuesioner. Pengujian kualitas aplikasi meliputi aspek *functionality suitability, compatibility, dan usability* berdasarkan standar ISO 25010. Pengujian usability menggunakan USE Questionnaire dengan 30 kuesioner yang diisi oleh 24 mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Bandara Angkatan 4. Aspek *functionality suitability* diuji melalui instrumen observasi berupa test case yang berisi skenario pengujian fitur aplikasi, dengan tiga orang responden ahli sebagai penguji. Pengujian *compatibility* dilakukan secara operasional oleh peneliti dengan memastikan aplikasi berfungsi dengan baik pada perangkat komputer tanpa kendala. Data dianalisis dengan menggunakan teknik analisis data kuantitatif untuk pengujian media, materi, kesesuaian fungsionalitas, kompatibilitas, dan kegunaan. Penulis lebih memilih metode kuantitatif karena validitasnya yang lebih besar dan kemampuannya untuk menganalisis berbagai faktor secara numerik, tidak seperti metode kualitatif yang hanya mengandalkan deskripsi dan analisis non-numerik (Bunahri, 2023). Hasil pengujian

media dikonversikan ke dalam skala Likert dengan menghitung rata-rata jawaban responden, kemudian diinterpretasikan sesuai dengan kriteria Likert. Pengujian materi, kesesuaian fungsionalitas, dan kompatibilitas menggunakan skala Guttman dengan dua pilihan jawaban yaitu berhasil (1) dan gagal (0). Pengujian usability menggunakan skala Likert dengan menganalisis rata-rata jawaban dari USE Questionnaire. Hasil dari keempat pengujian tersebut kemudian dikonversikan ke dalam skala persentase untuk menentukan tingkat kualitas aplikasi.

HASIL

Analisis

Tahap identifikasi masalah dilakukan untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis virtual reality (VR) untuk instalasi lampu tepi landasan pacu di Politeknik Penerbangan Jayapura. Hasil observasi menunjukkan bahwa metode pembelajaran konvensional kurang interaktif dan akses terhadap peralatan bandara terbatas, sehingga pengalaman praktikum yang didapat mahasiswa tidak merata. Selain itu, pelatihan di bandara dibatasi oleh faktor keamanan dan biaya operasional. Untuk mengatasi hal tersebut, diusulkan media pembelajaran VR untuk mensimulasikan pemasangan lampu tepi landasan pacu, memberikan pengalaman interaktif dalam lingkungan yang aman dan terkendali. Media ini mencakup materi pemasangan dan perawatan, mengikuti standar internasional, dan menggunakan animasi 3D untuk fleksibilitas pembelajaran.

Analisis kebutuhan fungsional untuk media pembelajaran berbasis *virtual reality* (VR) untuk instalasi lampu tepi landasan pacu di Politeknik Penerbangan Jayapura mengidentifikasi beberapa fitur utama. Aplikasi ini harus menyediakan visualisasi 3D dari lampu tepi landasan pacu untuk memudahkan siswa memahami komponen secara detail, menjalankan perintah interaktif berdasarkan pilihan menu, seperti "Hubungkan Kabel," dan menawarkan simulasi realistis pemasangan kabel dan bohlam serta pemecahan masalah dalam lingkungan virtual yang aman.

Desain

Tahap desain melibatkan pembuatan storyboard dan diagram HIPO (*Hierarchy Input Process Output*) untuk memvisualisasikan antarmuka pengguna dan aliran proses aplikasi. Storyboard berisi sketsa gambar yang merangkum skenario secara berurutan, sedangkan HIPO menggambarkan aliran input, proses, dan

output dalam aplikasi. Kedua metode ini digunakan untuk memastikan bahwa desain aplikasi mudah dimengerti dan efisien dalam penggunaannya. HIPO atau *Hierarchy Input Process Output* terdiri dari tiga diagram, yaitu VTOC (*Visual Table of Content*) Diagram atau daftar isi secara visual, Summary atau Overview Diagram, dan Detailed Diagram yang berisi detail aplikasi.

Tabel 1 . Storyboard

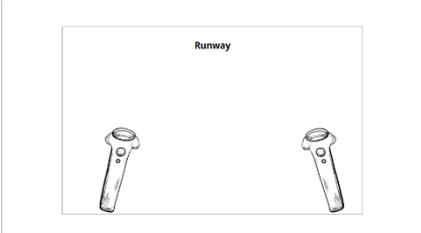
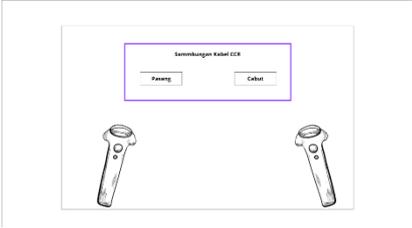
Halaman	Dewan	Informasi
Adean Utama		Pemandangan utama adalah pemandangan yang pertama kali muncul ketika aplikasi dibuka, berisi: Tombol Putar yang mengarah ke Landasan Pacu
Adean Landasan Pacu		Scene Runway adalah scene yang akan digunakan untuk melakukan proses pemasangan lampu dan beberapa proses lainnya di Runway.
Adean Pemasangan Kabel		Menampilkan tombol dan kotak teks untuk menyambungkan/memasang kabel di landasan pacu

Diagram ringkasan menjelaskan aliran input, proses, dan output dalam aplikasi “*Runway Edge Light*”. Apabila pengguna mengklik “Buka Aplikasi,” aplikasi akan menampilkan tampilan utama dengan tombol play. Headset Virtual reality (VR) terintegrasi dengan pelacakan kepala, memungkinkan pergerakan tampilan aplikasi sesuai dengan pergerakan headset. Pengontrol VR digunakan untuk menggerakkan pemain, dengan animasi pengontrol yang mengikuti gerakan fisik. Klik pada pengontrol meneruskan perintah ke aplikasi, dan fitur ambil memungkinkan interaksi langsung dengan objek dalam aplikasi. Pada adegan utama, mengklik dua kali pada file aplikasi akan menampilkan adegan dengan tombol play. Headset VR mengontrol tampilan untuk pengalaman yang realistis, sementara

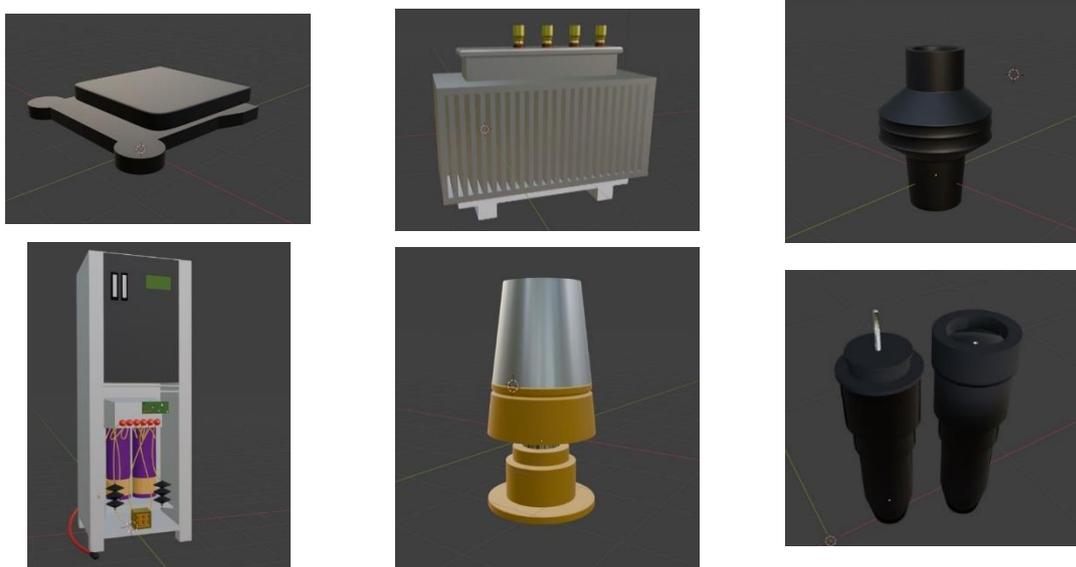
pengontrol menggerakkan pemain, mencocokkan gerakan nyata dengan aplikasi. Pada adegan landasan pacu, tombol “Pasang” dan “Cabut” memanipulasi objek 3D untuk menyambungkan atau melepaskan konektor. Dalam adegan rumah pembangkit listrik utama, tombol untuk memasang ke CCR menghubungkan konektor, dan tombol pengaturan intensitas cahaya mengubah tingkat kecerahan. Tombol ambil memungkinkan pemain untuk menggerakkan lampu halogen secara virtual mengikuti gerakan pengontrol.

Pengembangan

Tahap pengembangan merupakan proses implementasi desain ke dalam aplikasi “Simulasi Pemasangan Lampu Tepi Landasan Pacu Berbasis *Virtual reality*”.

Pada tahap ini dilakukan berbagai langkah pengembangan dengan menggunakan perangkat lunak dan teknologi untuk memastikan aplikasi berfungsi sesuai dengan yang direncanakan. Proses pertama yang dilakukan adalah pembuatan model 3D dari

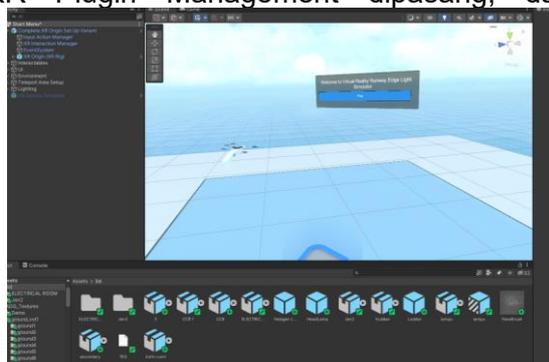
runway edge light dan lingkungan sekitar menggunakan Blender, yang digunakan untuk menghasilkan objek 3D yang detail dan realistis, termasuk komponen-komponen runway edge light dan lingkungan bandara di Politeknik Penerbangan Jayapura.



Gambar 2. Simulasi objek 3D

Model 3D yang dibuat diintegrasikan ke dalam Unity, platform pengembangan aplikasi VR, di mana model tersebut diimpor dan ditulis untuk interaksi pengguna. Unity mengembangkan lingkungan virtual yang interaktif, yang memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan lampu tepi landasan pacu dalam simulasi penggantian kabel dan lampu. Proses pengembangan menggunakan Unity dimulai dengan membuat proyek baru yang disebut REL VR menggunakan template Universal 3D. Setelah itu, paket XR Interaction Toolkit dan XR Plugin Management dipasang, dan

Sample Starter Assets dan XR Device Simulator diimpor untuk memfasilitasi pengembangan. Setelah menyiapkan proyek dengan mengatur Penyedia Plug-in menggunakan Open XR, dua scene baru diberi nama "Runway" dan "Start Menu." Di setiap adegan, XR Origin (VR) ditambahkan untuk mengonfigurasi Realitas Virtual menurut pengaturan yang telah ditentukan. Model 3D yang telah dirancang sebelumnya disalin ke dalam folder 3D di Unity, ditempatkan dalam hierarki objek yang benar, dan UI (Antarmuka Pengguna) digunakan untuk memberikan instruksi kepada pemain.



Gambar 3. Adegan pertama dan kedua

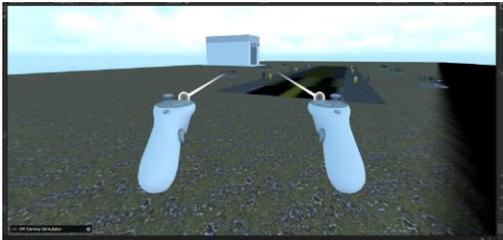
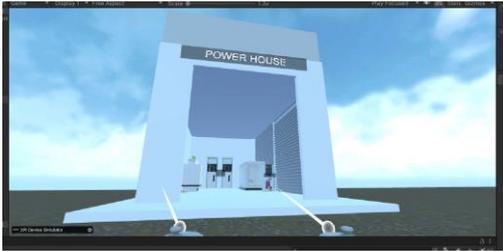
Pengkodean skenario simulasi dilakukan dengan menggunakan C# di Unity dengan Visual Studio Code sebagai editor. Skenario ini mencakup prosedur pemasangan kabel, penggantian bola lampu, dan interaksi pengguna dengan elemen virtual, untuk memastikan simulasi berjalan sesuai dengan alur kerja yang direncanakan. Semua kode program dikelompokkan dalam folder "Scripts" di dalam folder "assets". Proses perpindahan scene menggunakan fungsi Load Scene di Scene Manager Unity, memindahkan pengguna dari scene "Start Menu" ke scene "Runway". Kode untuk mengontrol Lampu Tepi Landasan Pacu disimpan dalam Objek Game bernama "Edge Light Controller," yang mengatur perilaku, animasi, dan intensitas cahaya. Fungsi interpolasi linier digunakan untuk menggerakkan objek secara perlahan selama penyisipan dan pencabutan kabel. Kode

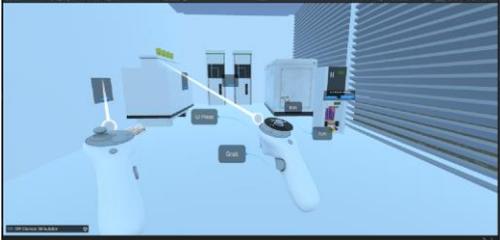
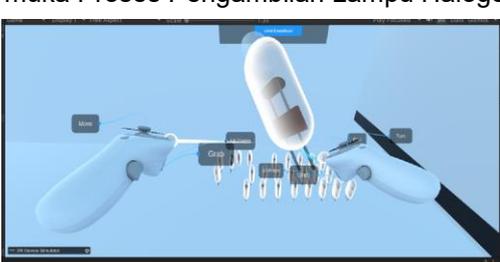
proses penggantian lampu disimpan dalam file "Change Lamp.cs" yang berfungsi untuk mengatur animasi dalam beberapa status, termasuk Ready, Disable Light, Open Lamp Glass, Remove Old Lamp, Add New Lamp, dan Close Lamp Glass. Setiap state dijalankan dalam fungsi Update untuk memastikan animasi yang halus dan responsif.

Implementasi

Tahap implementasi merupakan tahap pengujian aplikasi yang telah dibuat dengan cara melakukan instalasi aplikasi pada komputer. Implementasi dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan perancangan dan pengembangan yang telah dilakukan sebelumnya. Implementasi yang dilakukan meliputi implementasi antarmuka yang menjelaskan halaman-halaman dan fungsi-fungsi yang terdapat pada aplikasi.

Tabel 2. Implementasi antarmuka

Antarmuka	Informasi
<p data-bbox="199 1093 422 1124">Antarmuka Utama</p> 	<p data-bbox="874 1167 1444 1350">Antarmuka Utama adalah pemandangan yang pertama kali muncul ketika aplikasi "Virtual AFL" dibuka melalui Aplikasi yang berisi tombol untuk berpindah ke Landasan Pacu. Lingkungan yang sederhana dengan latar belakang biru.</p>
<p data-bbox="199 1388 526 1420">Antarmuka Landasan Pacu</p> 	<p data-bbox="874 1467 1444 1650">Antarmuka landasan pacu adalah adegan di mana pemain akan melakukan prosedur simulasi pemasangan Runway Edge Light, yang terdiri dari lampu Runway Edge Light, handhole, manhole, dan main power house (MPH).</p>
<p data-bbox="199 1691 571 1722">Tampilan Rumah Listrik Utama</p> 	<p data-bbox="874 1762 1444 1946">Main Power House merupakan bagian scene yang menampilkan simulasi Virtual reality Main Power House, yang berisi 3D Cubicle Model, 3D Transformer Model, 3D Halogen Lamp Model, 3D Generator Model, dan 3D CCR Model.</p>
<p data-bbox="199 1982 622 2013">Interior Rumah Daya Utama (MPH)</p>	

Antarmuka	Informasi
	<p>Bagian dalam main power house berisi beberapa tombol yang dapat menampilkan spesifikasi masing-masing komponen, ada juga lampu halogen cadangan yang nantinya dapat dibawa ke landasan pacu untuk mensimulasikan proses penggantian lampu.</p>
<p>Antarmuka Pengaturan Kecerahan Landasan Pacu CCR</p>	
	<p>Antarmuka ini mengontrol intensitas cahaya lampu di landasan pacu, dengan lima tingkat dari 0 hingga 5, di mana 0 berarti mati. Terdapat dua tombol interaksi: satu untuk menurunkan dan satu lagi untuk menaikkan intensitas cahaya semua lampu yang terhubung di landasan pacu.</p>
<p>Tampilan Belakang CCR</p>	
	<p>Bagian belakang CCR berisi Model 3D Konektor kabel Utama serta 2 tombol untuk menghubungkan dan melepaskan kabel CCR.</p>
<p>Antarmuka Proses Pengambilan Lampu Halogen</p>	
	<p>Lampu halogen di Main Power House dapat "diambil" atau dibawa ke landasan pacu menggunakan tombol samping dan kemudian dipasang ke lampu di landasan pacu.</p>
<p>Pemandangan Pemasangan Lampu Halogen di Landasan Pacu</p>	
	<p>Menampilkan simulasi proses pemasangan lampu halogen ke lampu yang sudah ada di Landasan Pacu untuk pemahaman pembelajaran yang maksimal.</p>
<p>Antarmuka Pemasangan Kabel Pada Lubang Tangan</p>	
	<p>Antarmuka ini berfungsi untuk memasang kabel di lubang tangan melalui tombol UI untuk akses yang lebih mudah.</p>

Evaluasi

Pada tahap evaluasi, pengujian

dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan telah memenuhi standar dan berfungsi dengan baik. Hasil pengujian diharapkan dapat mengidentifikasi kekurangan aplikasi untuk dilakukan perbaikan lebih lanjut.

1. Pengujian Kelayakan Aplikasi

Validasi ahli media dilakukan oleh tiga orang ahli, termasuk seorang dosen Teknik Komputer dan seorang instruktur TI dari Poltekbang Jayapura, untuk menguji aspek rekayasa aplikasi dan komunikasi visual. Data hasil validasi mencakup kedua aspek tersebut.

Tabel 3. Hasil penilaian untuk semua aspek media

No	Indikator	Skor Total	Rata-rata	Klasifikasi Penilaian
1	Rekayasa aplikasi	156	4.33	Sangat Layak
2	Komunikasi Visual	112	4.26	Sangat Layak
Skor Total		268	4.29	Sangat Layak

Dari hasil ahli media yang diuji oleh 3 orang ahli, dapat disimpulkan bahwa aspek rekayasa aplikasi mendapatkan hasil rata-rata 4,33 yang dapat dikategorikan "Sangat Layak". Sedangkan aspek komunikasi visual mendapatkan hasil rata-rata 4,26 yang dapat dikategorikan "Sangat Layak". Nilai rata-rata keseluruhan mendapatkan hasil 4,29 yang dikategorikan "Sangat Layak". Oleh karena itu, aplikasi ini sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran dari segi media. Sedangkan validasi ahli materi dilakukan oleh 3 orang dosen program studi teknik elektro bandara dengan menggunakan kuesioner yang berkaitan dengan peralatan AFL dan dari hasil total skor penilaian ahli materi. Berdasarkan hasil penilaian ahli materi didapatkan total hasil penilaian sebesar 21 dengan nilai persentase 100%. Maka materi pada aplikasi "Virtual reality" termasuk dalam kategori "Valid" sehingga sangat layak untuk digunakan.

2. Pengujian Kualitas Aplikasi

Pengujian functional suitability dilakukan oleh tiga orang ahli media untuk memastikan semua fungsi dan fitur

dalam aplikasi "Virtual reality" bekerja dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan 100% berhasil (27/27) dan 0% gagal. Dengan demikian, pengujian functional suitability dinyatakan "Sangat Layak" karena semua fungsi berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian compatibility dilakukan oleh peneliti untuk memastikan aplikasi berfungsi dengan baik pada perangkat dan sistem operasi yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi memenuhi aspek compatibility dengan penilaian "Sangat Layak", karena aplikasi dapat berjalan dengan lancar.

Pengujian usability dilakukan dengan menggunakan USE Questionnaire yang terdiri dari 30 pertanyaan dengan skala Likert 5, yang diberikan kepada 24 mahasiswa program studi Teknik Elektro Bandara Angkatan 4 Politeknik Jayapura. Total skor pengujian usability mencapai 2978, sedangkan skor maksimal yang mungkin dicapai adalah 3600, dihitung dari 24 responden, 30 pertanyaan, dan skor tertinggi 5. Hasil perhitungan persentase usability menunjukkan bahwa aplikasi memiliki nilai 82,72% yang termasuk dalam klasifikasi "Sangat Layak" dari segi usability.

PEMBAHASAN

Pengembangan Aplikasi

Tahap pengembangan aplikasi "Simulasi Pemasangan Lampu Tepi Landasan Pacu Berbasis Virtual Reality" dimulai dengan membangun objek tiga dimensi yang merepresentasikan lampu tepi landasan dan lingkungan sekitarnya. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak Blender agar hasil visual memiliki tingkat kedetailan tinggi dan menyerupai kondisi lapangan. Elemen-elemen penting seperti runway, kabel, lampu halogen, hingga perangkat pendukung lain dibuat secara terstruktur untuk menciptakan suasana yang imersif dan mendukung pengalaman belajar yang realistis. Dengan tampilan visual yang menyerupai kondisi nyata di bandara, mahasiswa dapat memahami struktur dan prosedur pemasangan lampu secara lebih tuntas tanpa harus langsung berada di lokasi

sesungguhnya.

Setelah model 3D selesai, proses integrasi ke dalam Unity dimulai. Platform ini dipilih karena kemampuannya dalam menciptakan lingkungan interaktif yang kompatibel dengan perangkat VR. Tahapan pengembangan dalam Unity melibatkan pengaturan proyek menggunakan template Universal 3D dan pemasangan paket XR Toolkit untuk mendukung perangkat keras seperti headset dan pengontrol VR. Semua elemen yang sudah dimodelkan dimasukkan ke dalam scene yang dirancang sesuai urutan simulasi, seperti scene landasan pacu dan menu awal. Penambahan elemen antarmuka pengguna juga dilakukan untuk memberikan instruksi, pilihan aksi, dan navigasi kepada pengguna selama menjalani simulasi.

Selanjutnya, pengkodean logika interaksi dijalankan menggunakan bahasa pemrograman C# di dalam Unity melalui Visual Studio Code. Setiap prosedur, mulai dari penyambungan kabel hingga penggantian lampu, dikemas dalam script terpisah untuk memudahkan pengelolaan dan pengujian. Fungsi-fungsi seperti interpolasi linier digunakan untuk menciptakan pergerakan objek yang halus, dan manajemen transisi antar-scene diatur melalui Scene Manager. Respons dari kontroler VR juga diprogram agar sinkron dengan tindakan pengguna, menciptakan pengalaman praktikum yang interaktif, efisien, dan mendekati situasi kerja nyata. Pendekatan ini memungkinkan mahasiswa untuk belajar secara mandiri dalam lingkungan yang aman tanpa mengorbankan esensi keterampilan teknis yang dibutuhkan.

Pengujian Aplikasi

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap aplikasi "Virtual reality", dapat ditarik kesimpulan mengenai kelayakan dan kualitas aplikasi. Hasil evaluasi dari ahli media menunjukkan skor 4,29 yang menandakan bahwa aplikasi ini sangat layak. Selain itu, validasi dari ahli materi mencapai 100%, yang menegaskan bahwa konten aplikasi sudah sesuai dengan kebutuhan pembelajaran. Dari segi kualitas aplikasi, pengujian functional suitability menunjukkan bahwa 100% fungsi-fungsi dalam aplikasi

berjalan dengan baik, memenuhi kategori "Sangat Layak". Pengujian compatibility juga menunjukkan bahwa perangkat dan sistem operasi berjalan dengan baik, sehingga juga mendapatkan kategori "Sangat Layak". Di sisi lain, pengujian usability menghasilkan persentase sebesar 82,72% yang menunjukkan bahwa aplikasi ini memenuhi kriteria usability dengan kategori "Sangat Layak".

Hasil pengujian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa aplikasi berbasis Virtual reality (VR) dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran di bidang teknik dan teknologi. Penelitian oleh Erviana & Sepriansyah (2024) dan Refdinal dkk. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan VR dalam dunia pendidikan tidak hanya meningkatkan motivasi, tetapi juga keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran, memberikan mereka kesempatan untuk merasakan pengalaman praktis yang sering kali sulit diakses melalui metode konvensional. Studi lain oleh Henstrom et al. (2024) dan Silseth et al. (2024) menekankan bahwa VR menawarkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan imersif, yang memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep kompleks dalam lingkungan yang aman dan terkendali. Hal ini sejalan dengan temuan saat ini, yang menunjukkan bahwa aplikasi VR yang dikembangkan di Politeknik Penerbangan Jayapura memberikan pengalaman belajar yang efektif dan menarik bagi siswa.

Implikasi dari temuan ini cukup signifikan, terutama dalam konteks pendidikan dan pelatihan teknis di Politeknik Penerbangan Jayapura. Melalui penerapan "Virtual reality" yang telah terbukti sangat layak dari segi kelayakan dan kualitas, institusi pendidikan dapat mempertimbangkan untuk mengintegrasikan teknologi ini ke dalam kurikulum mereka secara lebih luas. (Rauschnabel et al., 2022). Penggunaan VR dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih imersif dan interaktif, dimana siswa tidak hanya belajar secara teori, tetapi juga dapat mempraktekkan kemampuan mereka dalam simulasi yang mendekati kondisi nyata (Lee & Takenaka, 2022). Hal ini penting, terutama dalam bidang penerbangan yang

mebutuhkan pemahaman mendalam dan keterampilan praktis yang tinggi (Hikmandayani et al., 2021). Selain itu, penerapan VR dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan efektif (Ravichandran & Mahapatra, 2023). Selain itu, dengan mengadopsi teknologi ini, Politeknik Penerbangan Jayapura akan berkontribusi dalam pengembangan sumber daya manusia yang lebih kompeten dan siap menghadapi tantangan dunia industri, sehingga dapat bersaing secara global (Conrad et al., 2024). Selain itu, institusi ini dapat menjadi pionir dalam penggunaan teknologi inovatif pada pendidikan teknik di Indonesia, yang dapat menginspirasi institusi lain untuk mengikutinya dan memanfaatkan kemajuan teknologi untuk meningkatkan kualitas pendidikan (Laine et al., 2024).

Selain itu, hasil pengujian yang menunjukkan kegunaan yang tinggi (82,72%) menegaskan bahwa aplikasi ini dirancang agar mudah digunakan, sehingga taruna dapat mengoperasikan aplikasi dengan mudah dan nyaman. Kemudahan penggunaan ini sangat penting dalam konteks pendidikan, karena memastikan bahwa siswa dapat belajar secara efektif tanpa terhambat oleh kesulitan teknis atau kebingungan saat menggunakan aplikasi. Dalam proses pembelajaran, interaksi yang lancar dan intuitif dengan aplikasi mendukung penyerapan materi yang lebih optimal, yang pada gilirannya meningkatkan pemahaman konsep-konsep yang kompleks (Guerra-Tamez, 2023). Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut dari aplikasi ini sangat disarankan, termasuk penambahan fitur-fitur baru yang relevan dan inovatif, serta perbaikan berdasarkan umpan balik dari pengguna. Pendekatan ini tidak hanya akan meningkatkan kualitas pembelajaran, tetapi juga akan memastikan bahwa aplikasi ini tetap relevan dan efektif dalam memenuhi kebutuhan pendidikan di bidang teknik penerbangan (Mallek et al., 2024). Dengan demikian, pengembangan berkelanjutan ini berpotensi menghasilkan lulusan yang lebih siap dan terampil, yang mampu menghadapi berbagai tantangan di industri (Suri et al., 2023). Kesiapan ini penting untuk

memastikan mereka dapat beradaptasi dengan cepat di lingkungan kerja yang terus berubah, serta berkontribusi secara signifikan di dunia penerbangan yang kompetitif (Maroukas et al., 2023). Selain itu, menerapkan praktik pengembangan yang responsif terhadap umpan balik pengguna dapat menciptakan siklus perbaikan yang berkelanjutan, di mana aplikasi terus disempurnakan untuk memenuhi harapan dan kebutuhan siswa dan industri.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah aplikasi "Virtual reality" sebagai media pembelajaran telah berhasil dikembangkan melalui lima tahap yaitu Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Hasil uji kelayakan menunjukkan bahwa aplikasi ini dinilai "Sangat Layak" oleh ahli media dengan nilai rata-rata 4,29 dan "Valid" oleh ahli materi dengan persentase 100%. Uji kualitas aplikasi menunjukkan hasil yang sangat baik, dengan persentase 100% untuk aspek functional suitability dan compatibility, dan 82,72% untuk usability, semuanya masuk dalam kategori "Sangat Layak".

SARAN

Adapun saran untuk pengembangan ke depan antara lain penambahan jenis peralatan AFL, pengembangan materi berdasarkan sumber-sumber terbaru, dan penambahan atau perbaikan fitur berdasarkan umpan balik pengguna dan hasil evaluasi untuk menjaga relevansi dan manfaat aplikasi sebagai media pembelajaran.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdulrahman, M. D., Faruk, N., Oloyede, A. A., Surajudeen-Bakinde, N. T., Olawoyin, L. A., Mejabi, O. V, Imam-Fulani, Y. O., Fahm, A. O., & Azeez, A. L. (2020). Multimedia tools in the teaching and learning processes: A systematic review. *Heliyon*, 6(11), e05312. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05312>
- Bonafix, N., & Nediari, A. (2022). Potensi dan Peluang Metaverse dalam Dunia Pendidikan. *Prosiding SNADES 2022 – Desain Kolaborasi Interdisipliner Di Era*

Digital POTENSI, 24–30.

- Bunahri, R. R. (2023). Factors Influencing Air Cargo Business: Business Plan and Strategy, Professional Human Resources, and Airlines' Performance. *JAFM: Journal of Accounting and Finance Management*, 4(2), 220–226. <https://doi.org/https://doi.org/10.38035/jafm.v4i1>
- Bunahri, R. R., Supardam, D., Prayitno, H., & Kuntasi, C. (2023). Determination of Air Cargo Performance: Analysis of Revenue Management, Terminal Operations, and Aircraft Loading (Air Cargo Management Literature Review). *DJIMS: Dinasti International Journal of Management Science*, 4(5), 833–844. <https://www.dinastipub.org/DIJMS/article/view/1822%0Ahttps://www.dinastipub.org/DIJMS/article/download/1822/1252>
- Conrad, M., Kablitz, D., & Schumann, S. (2024). Learning effectiveness of immersive *virtual reality* in education and training: A systematic review of findings. *Computers & Education: X Reality*, 4, 100053. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cexr.2024.100053>
- Curran, V. R., Xu, X., Aydin, M. Y., & Meruvia-Pastor, O. (2023). Use of Extended Reality in Medical Education: An Integrative Review. *Medical Science Educator*, 33(1), 275–286. <https://doi.org/10.1007/s40670-022-01698-4>
- Erviana, V. Y., & Sepriansyah, Y. (2024). The Effectiveness of Virtual reality Media on Primary School Students' Learning Outcomes. *International Journal of Elementary Education*, 8(1), 141–149. <https://doi.org/10.23887/ijee.v8i1.67734>
- Guerra-Tamez, C. R. (2023). The Impact of Immersion through Virtual reality in the Learning Experiences of Art and Design Students: The Mediating Effect of the Flow Experience. In *Education Sciences* (Vol. 13, Issue 2), 5. <https://doi.org/10.3390/educsci13020185>
- Henstrom, J., De Amicis, R., Sanchez, C. A., & Turkan, Y. (2024). Immersive engineering instruction: Using Virtual reality to enhance students' experience in the classroom. *Computers & Graphics*, 121, 103944. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cag.2024.103944>
- Hikmandayani, Ahmad, M., Syarif, S., Budu, Idris, I., & Stang. (2021). Learning media based on augmented reality (AR) increased the skill of physical examination of the integumentary system of pregnant women in midwifery students. *Gaceta Sanitaria*, 35, S302–S305. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.10.040>
- Laine, J., Rastas, E., Seitamaa, A., Hakkarainen, K., & Korhonen, T. (2024). Immersive virtual reality for complex skills training: content analysis of experienced challenges. *Virtual reality*, 28(1), 61. <https://doi.org/10.1007/s10055-024-00955-8>
- Lee, Y. C. J., & Takenaka, B. P. (2022). Extended reality as a means to enhance public health education. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1040018>
- Mallek, F., Mazhar, T., Faisal Abbas Shah, S., Ghadi, Y. Y., & Hamam, H. (2024). A review on cultivating effective learning: synthesizing educational theories and virtual reality for enhanced educational experiences. *PeerJ. Computer Science*, 10, e2000. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2000>
- Maroungkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2023). Virtual reality in Education: A Review of Learning Theories, Approaches and Methodologies for the Last Decade. In *Electronics* (Vol. 12, Issue 13), 2832. <https://doi.org/10.3390/electronics12132832>
- Morimoto, T., Kobayashi, T., Hirata, H., Otani, K., Sugimoto, M., Tsukamoto, M., Yoshihara, T., Ueno, M., & Mawatari, M.

- (2022). XR (Extended Reality: Virtual reality, Augmented Reality, Mixed Reality) Technology in Spine Medicine: Status Quo and Quo Vadis. *Journal of Clinical Medicine*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/jcm11020470>
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. In *MDPI* (Vol. 2, pp. 486–497). <https://doi.org/doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- Pangestu, D. M., & Rahmi, A. (2022). Metaverse : Media Pembelajaran di Era Society 5.0 untuk Meningkatkan Kualitas Pendidikan Indonesia. *Journal of Pedagogy and Online Learning*, 1(2), 52–61. <https://doi.org/10.24036/jpol.v1i2.17>
- Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., & Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual reality. *Computers in Human Behavior*, 133(January), 107289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>
- Ravichandran, R., & Mahapatra, J. (2023). Virtual reality in Vocational Education and Training: Challenges and Possibilities. *Journal of Digital Learning and Education*, 3(1), 25–31. <https://doi.org/10.52562/jdle.v3i1.602>
- Refdinal, Adri, J., Prasetya, F., Tasrif, E., & Anwar, M. (2023). Effectiveness of Using Virtual reality Media for Students' Knowledge and Practice Skills in Practical Learning. *International Journal on Informatics Visualization*, 7(3), 688–694. <https://doi.org/10.30630/joiv.7.3.2060>
- Silseth, K., Steier, R., & Arnseth, H. C. (2024). Exploring students' immersive VR experiences as resources for collaborative meaning making and learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 19(1), 11–36. <https://doi.org/10.1007/s11412-023-09413-0>
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukirman, Reza, W. A., & Sujalwo. (2019). Media Interaktif Berbasis Virtual reality untuk Simulasi Bencana Alam Gempa Bumi dalam Lingkungan Maya. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 5(1), 99–107. <https://doi.org/10.23917/khif.v5i1.8054>
- Sulistiani, H., Isnain, A. R., Rahmanto, Y., Saputra, V. H., Lovika, P., Febriansyah, R., & Chandra, A. (2023). Workshop Teknologi Metaverse Sebagai Media Pembelajaran. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 4(1), 74–79. <https://ejournal.teknokrat.ac.id/index.php/JSSTCS/article/view/2642>
- Suri, P. A., Syahputra, M. E., Amany, A. S. H., & Djafar, A. (2023). Systematic literature review: The use of virtual reality as a learning media. *Procedia Computer Science*, 216, 245–251. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.133>
- Wasila, N. F. W., Imron, A., & Juharyanto. (2024). The Urgency of Inclusive Education in The 21st Century: Opportunities, Challenges, Future and Research Recommendations. *Jurnal Dinamika Manajemen Pendidikan*, 9(1), 40–53.
- Wijayanto, P. W., Thamrin, H., Haetami, A., Mustoip, S., & Oktiawati, U. Y. (2023). The Potential of Metaverse Technology in Education as a Transformation of Learning Media in Indonesia. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 9(2), 396. <https://doi.org/10.33394/jk.v9i2.7395>
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928–3936. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>
- Zahwa, F. A., & Syafi'i, I. (2022). Pemilihan Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi.

Equilibrium: Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Ekonomi, 19(01), 61–78.

<https://doi.org/10.25134/equi.v19i01.3963>

Zhang, X., Chen, Y., Hu, L., & Wang, Y. (2022). The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. *Frontiers in Psychology*, 13(October), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1016300>