

## PENGEMBANGAN LABORATORIUM MIXED REALITY (MR) UNTUK SIMULASI PRAKTIK TEKNIK MESIN BAGI GURU SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)

Nur Imansyah<sup>1</sup>, Rachmah Agus Putri<sup>2</sup>

Sekolah Tinggi Teknologi Bontang, Kalimantan Timur

e-mail: imansyah1976@gmail.com

**Abstract:** *Limited access to laboratory facilities in vocational education, particularly in the field of mechanical engineering, often becomes a major obstacle in providing safe and industry-relevant practical experiences. Vocational high school (SMK) teachers in Bontang face challenges in delivering effective and efficient practice-based learning. This study aims to develop a Mixed Reality (MR) Laboratory as an innovative solution for simulating mechanical engineering practices. The MR Mixed Lab is designed to provide interactive learning experiences through mixed reality technology, enabling teachers to guide students in understanding machine assembly and disassembly concepts without the risk of equipment damage or injury. In addition, MR implementation can reduce operational practice costs and increase the frequency of training within a more realistic learning environment. The research method employed is Research and Development (R&D) with the ADDIE model, which consists of the stages of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The development process involves user needs analysis, system design, creation of interactive 3D models, and effectiveness testing involving vocational school teachers. Data are collected through observation, questionnaires, and interviews to evaluate usability, learning effectiveness, and user engagement. The expected outcome is an MR Lab prototype that is relevant, feasible, and beneficial for vocational education.*

**Keywords:** *Mixed Reality (MR), Practice Simulation, Mechanical Engineering, Digital Laboratory, Teacher*

**Abstrak:** Keterbatasan akses laboratorium dalam pendidikan vokasi, khususnya pada bidang teknik mesin, sering menjadi kendala utama dalam memberikan pengalaman praktik yang aman dan relevan dengan kondisi industri. Guru SMK di Bontang menghadapi tantangan dalam menyediakan sarana pembelajaran praktik yang efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Laboratorium Mixed Reality (MR) sebagai solusi inovatif untuk simulasi praktik teknik mesin. MR Mixed Lab dirancang untuk memberikan pengalaman pembelajaran interaktif melalui teknologi realitas campuran, memungkinkan guru membimbing siswa dalam memahami konsep perakitan dan pembongkaran mesin tanpa risiko kerusakan peralatan atau cedera. Selain itu, penggunaan MR dapat menekan biaya operasional praktik serta meningkatkan frekuensi latihan dalam lingkungan belajar yang lebih realistis. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang mencakup tahapan Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Proses pengembangan melibatkan analisis kebutuhan pengguna, desain sistem, pembuatan model 3D interaktif, serta pengujian efektivitas dengan melibatkan guru SMK. Data dikumpulkan melalui observasi, kuesioner, dan wawancara untuk mengevaluasi kemudahan penggunaan, efektivitas pembelajaran, serta tingkat keterlibatan pengguna. Hasil penelitian diharapkan dapat menghadirkan prototipe MR Lab yang relevan, layak, dan bermanfaat bagi pendidikan vokasi

**Kata kunci:** Mixed Reality (MR), Simulasi Praktik, Teknik Mesin, Laboratorium Digital, Guru

## PENDAHULUAN

Pendidikan vokasi, khususnya pada bidang teknik mesin di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), memerlukan pengalaman praktik yang intensif untuk mengembangkan kompetensi siswa sesuai dengan tuntutan industri (Wijaya & Prasetyo, 2022). Namun, keterbatasan fasilitas laboratorium, tingginya biaya operasional, serta risiko keselamatan selama praktik langsung masih menjadi tantangan utama bagi banyak institusi vokasi (Sari & Handayani, 2021). Bontang, sebagai salah satu kawasan industri di Indonesia, menghadapi kebutuhan yang semakin meningkat akan tenaga kerja teknik mesin yang terampil, sehingga dibutuhkan inovasi dalam metode pembelajaran praktik yang tidak hanya efisien dan fleksibel tetapi juga aman.

Kemajuan terbaru dalam teknologi imersif menyoroti potensi Mixed Reality (MR) untuk mengatasi tantangan tersebut dalam pendidikan teknik. MR telah terbukti dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan memberikan simulasi interaktif yang menarik (Halabi, 2020), serta mendukung perolehan keterampilan dalam skenario pelatihan yang kompleks (Plotzky, 2023). Kajian sistematis menegaskan bahwa laboratorium MR dapat mengurangi ketergantungan pada peralatan fisik yang mahal dan meminimalkan risiko keselamatan (Radianti et al., 2020). Selain itu, adopsi MR sejalan dengan agenda transformasi digital dalam pendidikan serta persiapan sumber daya manusia berbasis teknologi di era Industri 4.0 (Freina & Ott, 2015).

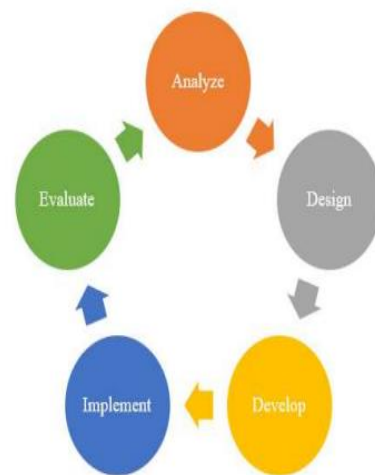
Meskipun aplikasi MR telah banyak diteliti di pendidikan tinggi (Radianti et al., 2020), penerapannya di SMK masih terbatas. Upaya sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan mengeksplorasi media pembelajaran berbasis MR untuk siswa vokasi, namun adaptasi yang lebih kontekstual dan spesifik bidang masih diperlukan. Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan mengembangkan

laboratorium Mixed Reality yang dirancang khusus untuk praktik teknik mesin di SMK, yang disesuaikan dengan kebutuhan dan konteks industri di Bontang (Astuti & Nugroho, 2023).

Tujuan utama penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan laboratorium berbasis MR untuk praktik teknik mesin SMK yang mampu mengatasi keterbatasan fasilitas, meningkatkan efektivitas pembelajaran, serta memperbaiki aspek keselamatan dalam lingkungan belajar. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya literatur tentang MR dalam pendidikan vokasi, tetapi juga menyediakan model praktis untuk mengintegrasikan teknologi imersif ke dalam kurikulum vokasi.

## METODE

Penelitian ini mengadopsi model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Adapun tahapan model ADDIE ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1 Tahapan ADDIE**

Model ADDIE dipilih karena menyediakan kerangka kerja yang sistematis, rasional, dan mudah dipahami untuk mengembangkan produk pembelajaran berbasis teknologi (Lee et al., 2021).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tahap Analisis

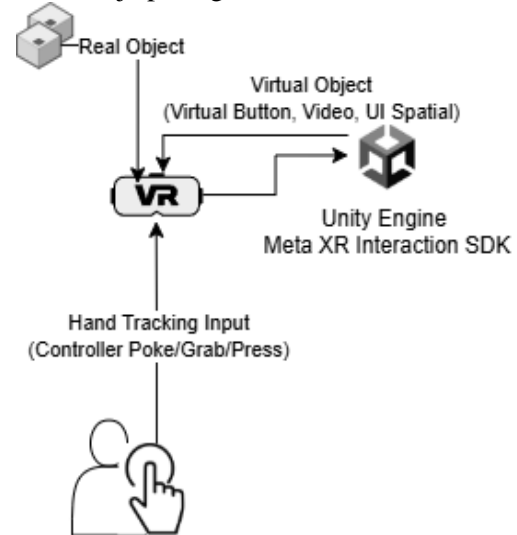
Pada tahap ini, fokus utamanya adalah mengidentifikasi kebutuhan terkait keterampilan praktik mesin yang sulit dilakukan karena keterbatasan peralatan atau fasilitas laboratorium. Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dan kuesioner dengan guru Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk mengidentifikasi tantangan dalam memberikan praktik yang aman, efektif, dan relevan dengan industri (Wijaya & Prasetyo, 2022). Analisis kondisi sekolah dilakukan terkait keterbatasan laboratorium, biaya operasional, dan kesiapan infrastruktur (Sari & Handayani, 2021). Selain itu, juga dilakukan analisis mengenai teknologi MR yang sesuai untuk mendukung simulasi praktik teknik mesin (Freina & Ott, 2015; Halabi, 2020) dan difokuskan pada identifikasi kebutuhan pengguna, permasalahan dalam pembelajaran praktik teknik mesin, serta keterbatasan sarana laboratorium. Hasil dari tahap ini berupa gambaran kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem laboratorium Mixed Reality.

### Tahap Desain

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem, termasuk rancangan alur interaksi, skenario pembelajaran, serta desain 3D objek mesin yang akan digunakan dalam simulasi. Pada tahap ini juga ditentukan strategi integrasi dengan platform MR (Unity dan Meta XR SDK) serta rencana validasi oleh ahli. Materi pembelajaran disesuaikan dengan modul praktikum untuk selanjutnya akan dilakukan perancangan alur skenario untuk sesi praktik disiapkan.

Praktik yang dipilih meliputi pengenalan komponen mesin serta perakitan dan pembongkaran mesin. User beraktfitas seperti halnya dengan menggunakan peralatan nyata, sehingga hal ini memerlukan perancangan yang disesuaikan kebutuhan user. Ketika berinteraksi dengan objek MR yang akan ditampilkan dalam bentuk model mesin

3D. untuk desain obyek 3D dibuat dengan menggunakan sketcup ataupun dengan melakukan import obyek 3D yang di butuhkan melalui galeri di internet. Adapun obyek yang digunakan pada unity adalah obyek 3D dengan format FBX, berikut adalah gambaran bagaimana MR ini bekerja pada gambar 2 berikut ini,

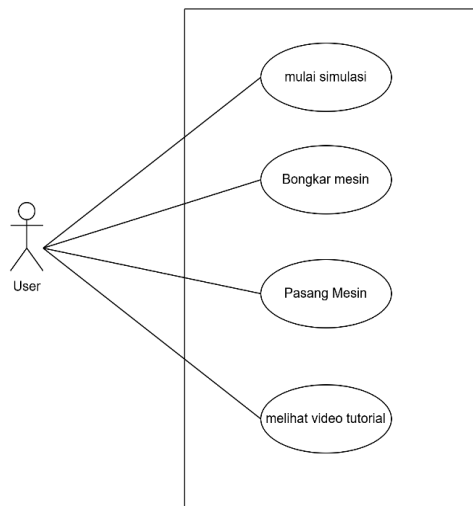


**Gambar 2 Arsitektur Laboratorium MR**

Seperti yang terlihat pada arsitektur MR maka dapat di jelaskan sebagai berikut,

pengguna berperan sebagai pusat interaksi, menggunakan hand tracking atau controller input (seperti poke, grab, atau press) untuk memberi perintah. Input ini masuk ke perangkat VR/MR headset (misalnya Meta Quest), yang menjadi jembatan antara dunia nyata dan dunia virtual. Di sisi lain, terdapat obyek nyata yang bisa dijadikan acuan atau bagian dari pengalaman simulasi.

Sistem kemudian memunculkan virtual obyek berupa tombol interaktif, video, atau antarmuka 3D yang bisa diakses langsung di ruang MR. Semua ini dibangun dan dikendalikan melalui Unity Engine yang dipadukan dengan Meta XR Interaction SDK, sehingga interaksi antara pengguna, objek nyata, dan objek virtual bisa terjadi dengan lancar, adapun proses yang terjadi yang menggambarkan antara user dengan sistemnya digambarkan dengan diagram usecase gambar 3 berikut,



**Gambar 3 Usecase MR laboratorium teknik mesin**

User berinteraksi dengan sistem untuk melakukan kegiatan simulasi teknik mesin dengan beberapa casenya sebagaimana dijelaskan sebagai berikut:

#### Memulai Simulasi

Pengguna memulai proses simulasi laboratorium MR untuk praktik bongkar pasang mesin, pada bagian ini terdapat dua pilihan untuk pengguna, yaitu langsung berinteraksi dengan obyek melakukan simulasi atau melihat video tutorial.

#### Pasang Mesin

Pasang mesin merupakan kegiatan pada simulasi MR untuk pengguna merakit kembali komponen mesin yang tersedia atau sudah dibongkar pada kegiatan bongkar mesin sebelumnya sehingga membentuk mesin yang utuh.

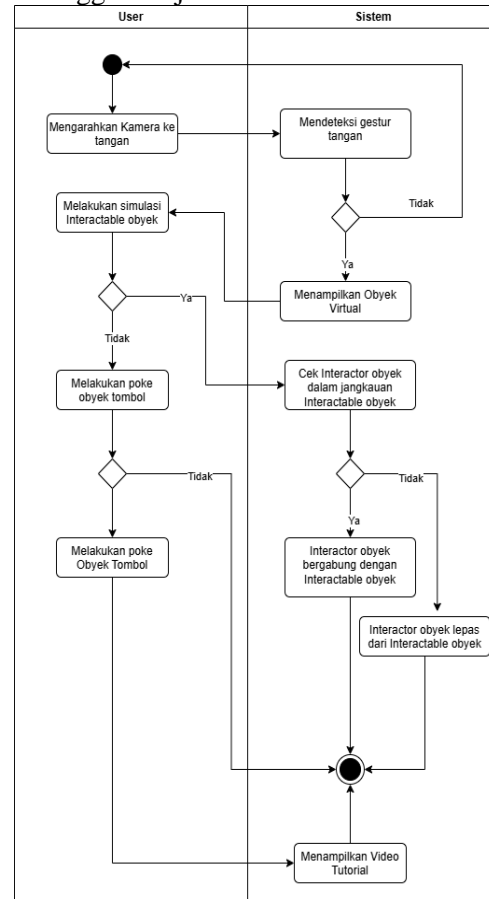
#### Bongkar Mesin

Bongkar Mesin merupakan kegiatan pada simulasi MR untuk pengguna melakukan aktivitas membongkar komponen mesin secara virtual sesuai dengan alur simulasi.

#### Melihat video tutorial

Pada bagian ini pengguna dapat mengakses video tutorial sebagai referensi sebelum atau selama menjalankan simulasi, Adapun pilihan yang diberikan

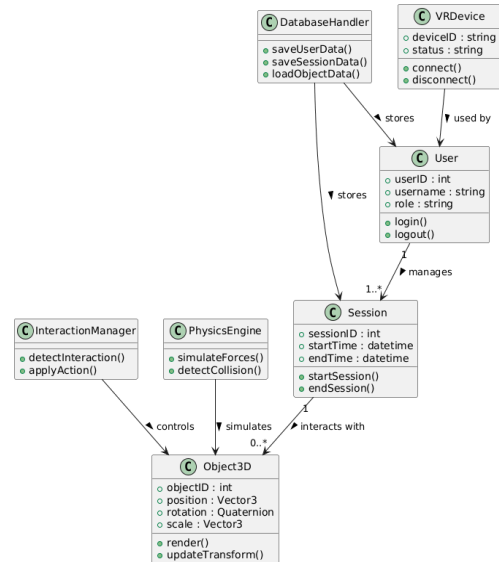
berupa tombol virtual yang terdiri dari tiga pilihan yaitu memunculkan atau menghilangkan tampilan video kemudian tutorial penggunaan atau tutorial interaksi dengan obyek dan tutorial merakit mesin sehingga menjadi bentuk utuh.



**Gambar 4 Activity Diagram MR Simulasi Praktik Teknik Mesin**

Diagram ini menggambarkan proses interaksi antara pengguna dan sistem Mixed Reality (MR) dalam simulasi praktik teknik mesin. Pengguna mengarahkan kamera ke tangan agar sistem dapat mendeteksi gesture tangan. Setelah terdeteksi, sistem menampilkan objek virtual yang dapat diinteraksikan. Pengguna kemudian melakukan simulasi interaksi dengan objek tersebut, seperti menyentuh atau memegangnya. Sistem akan memeriksa apakah tangan virtual pengguna berada dalam jangkauan objek. Jika sesuai, sistem memungkinkan interaksi berlangsung hingga objek dilepaskan kembali. Setelah itu, pengguna dapat menekan tombol virtual (poke)

untuk melanjutkan proses. Sebagai respon akhir, sistem akan menampilkan video tutorial sebagai bentuk umpan balik atau panduan penggunaan fitur simulasi.



**Gambar 5 Class Diagram MR Simulasi Praktik Teknik Mesin**

Diagram kelas ini menggambarkan struktur sistem Mixed Reality (MR) yang digunakan untuk simulasi praktik teknik mesin. Sistem terdiri atas beberapa kelas utama yang saling berhubungan.

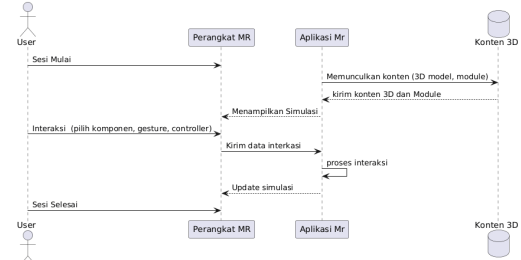
Kelas User berfungsi untuk mengelola identitas dan aktivitas pengguna selama simulasi. Setiap pengguna menjalankan Session, yaitu periode interaksi yang mencatat waktu mulai dan berakhirnya kegiatan.

Kelas Object3D mewakili objek virtual yang dapat dilihat dan dimanipulasi dalam lingkungan MR. Perilaku fisik objek ini dikendalikan oleh PhysicsEngine, sedangkan interaksi pengguna seperti gesture atau sentuhan diatur oleh InteractionManager.

Data pengguna, sesi, dan objek disimpan serta diambil kembali melalui DatabaseHandler. Selain itu, VRDevice berfungsi sebagai perangkat keras yang menghubungkan pengguna dengan dunia virtual.

Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan alur kerja sistem yang terintegrasi antara pengguna, perangkat MR, pengelolaan data, dan simulasi fisik

untuk menciptakan pengalaman belajar yang interaktif dan realistis.

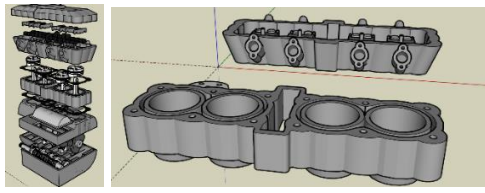


**Gambar 6 Squence Diagram MR Simulasi Praktik Teknik Mesin**

Diagram sequence ini menjelaskan proses interaksi antara pengguna, perangkat Mixed Reality (MR), aplikasi MR, dan konten 3D selama sesi simulasi. Kegiatan dimulai ketika pengguna memulai sesi melalui perangkat MR, yang kemudian mengaktifkan aplikasi MR untuk menampilkan simulasi pembelajaran. Aplikasi MR mengambil dan menampilkan konten 3D berupa model atau modul dari basis data konten 3D. Selanjutnya, pengguna melakukan interaksi dengan objek virtual menggunakan gesture, controller, atau pilihan komponen. Data interaksi ini dikirim ke aplikasi MR untuk diproses sehingga menghasilkan respons atau pembaruan tampilan simulasi secara real-time di perangkat MR. Setelah proses pembelajaran atau simulasi selesai, sesi diakhiri dan sistem kembali ke kondisi awal.

## Pengembangan

Merupakan proses realisasi desain menjadi prototipe. Aktivitas utamanya meliputi pembuatan model 3D, implementasi interaksi (grabbing, assembling, disassembling), integrasi audio, serta optimasi agar aplikasi dapat berjalan di perangkat Meta Quest 3 dan dengan operating system Android. Pembuatan model 3D menggunakan sketchup sebagai software pendukungnya. Selajutnya gambar disimpan dalam format FBX, sehingga dapat mendukung untuk penggunaan material dan texture mapping. Sebagai contoh desain 3D dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 7 Desain model 3D Obyek MR**

Kemudian rancangan diimplementasikan ke dalam simulasi menggunakan Unity dan Meta XR SDK, dengan mengintegrasikan interaksi 3D, audio, serta skenario pembelajaran. Hasil dari tahap ini adalah aplikasi simulasi perakitan/pembongkaran mesin berbasis Android yang dapat dijalankan pada Meta Quest 3. Berikut Adalah gambar desain obyek pada unity. Produk divalidasi oleh ahli materi (guru SMK/industri senior) dan ahli media (spesialis teknologi pendidikan) untuk memastikan relevansi dan kelayakan [12]. Pada tahap pengembangan, hasil rancangan diubah menjadi prototipe laboratorium MR yang fungsional. Aktivitas utama meliputi:

### **Pengembangan Objek**

#### **3DPengembangan Objek 3D**

Membangun model mesin 3D berdasarkan praktik kejuruan yang dibutuhkan. Mengoptimalkan model agar sesuai dengan platform MR (misalnya Unity, format FBX).

### **Pengembangan Aplikasi**

#### **MRPengembangan Aplikasi MR**

Mengintegrasikan model 3D ke dalam lingkungan MR menggunakan Unity dan Meta XR SDK. Menerapkan fitur interaksi, seperti mengambil, memindahkan, merakit, dan membongkar komponen mesin. Menambahkan panduan audio serta skenario simulasi untuk meningkatkan pengalaman belajar.

### **Integrasi Platform**

Menerapkan simulasi MR agar dapat dijalankan pada perangkat Meta Quest 3 dan Android. Memastikan kinerja yang lancar dan kompatibilitas lintas perangkat. Kompabilitas sangat penting dilakukan karena beberapa versi terbaru tidak mendukung dengan versi yang lama

sehingga menyebabkan MR tidak dapat bekerja dengan semestinya.

### **Validasi Produk**

Melakukan validasi dengan melibatkan ahli materi (guru SMK/praktisi industri) dan ahli media (spesialis teknologi pendidikan). Validasi difokuskan pada relevansi, kegunaan, dan kelayakan aplikasi MR [12].

### **Implementasi**

Pada tahap ini dilakukan pengujian prototipe pada perangkat target, yaitu Meta Quest 3. Tujuan utamanya memastikan aplikasi berjalan dengan lancar, sesuai rancangan, dan dapat digunakan oleh guru serta siswa SMK. Seperti terlihat pada gambar 8 saat siswa mencoba menggunakan prototipe tersebut.



**Gambar 8 Siswa Melakukan praktik simulasi MR**

Selanjutnya seperti pada gambar 9, adalah interaksi antara user dengan obyek MRnya. pengguna mengambil beberapa obyek kemudian dipasangkan dengan obyek lainnya untuk dirakit menjadi obyek mesin yang sesuai dengan petunjuk pada tutorial video yang tersedia.



**Gambar 9 Interaksi user dengan obyek MR**

### **Evaluasi**

melibatkan proses validasi oleh ahli materi (guru SMK atau praktisi industri) dan ahli media (pakar teknologi

pendidikan). Evaluasi difokuskan pada relevansi, kemudahan penggunaan, efektivitas pembelajaran, serta kelayakan prototipe untuk digunakan dalam praktik pembelajaran.

Rangkaian hasil penelitian berdasarkan urutan/susunan logis untuk membentuk sebuah cerita. Isinya menunjukkan fakta/data dan jangan diskusikan hasilnya. Dapat menggunakan Tabel dan Angka tetapi tidak menguraikan secara berulang terhadap data yang sama dalam gambar, tabel dan teks. Untuk lebih memperjelas uraian, dapat menggunakan sub judul.

Pembahasan adalah penjelasan dasar, hubungan dan generalisasi yang ditunjukkan oleh hasil. Uraian menjawab pertanyaan penelitian. Jika ada hasil yang meragukan maka tampilkan secara objektif.

**Tabel 1 Penilaian Jawaban Kuisioner**

Skor	Deskripsi	Interval Penilaian
5	Sangat Setuju	80%–100%
4	Setuju	60%–79.99%
3	Cukup	40%–59.99%
2	Kurang	20%–39.99%
1	Sangat Kurang	0%–19.99%

**Tabel 2 Usability Testing**

No	Pertanyaan	S	S	N	K	S
Learnability						
1	Aplikasi mudah dipelajari oleh pengguna baru	8	3	0	0	0
2	Navigasi dan interaksi objek mudah	7	4	0	0	0

	dipahami					
<b>Efficiency</b>						
3	Waktu yang dibutuhkan untuk memahami penggunaan tergolong cepat	6	5	0	0	0
4	Aplikasi berjalan lancar tanpa hambatan berarti	7	4	0	0	0
<b>Memorability</b>						
5	Mudah mengingat cara menggunakan fitur setelah beberapa kali mencoba	8	3	0	0	0
6	Tidak perlu sering membuka panduan untuk mengingat fungsi fitur	5	6	0	0	0
<b>Errors</b>						
7	Tidak mengalami crash atau bug saat penggunaan	7	3	1	0	0
8	Kesalahan sistem atau tracking sangat jarang terjadi	6	5	0	0	0
<b>Satisfaction</b>						
9	Tampilan antarmuka dan visualisasi MR menarik dan jelas	9	2	0	0	0



10	Aplikasi memenuhi harapan dalam simulasi praktik teknik mesin	8	3	0	0	0
----	---	---	---	---	---	---

Hasil pengujian usability aplikasi Mixed Reality (MR) Simulasi Praktik Teknik Mesin menunjukkan skor total 539 dari 600 atau 89,83%, yang termasuk kategori sangat layak digunakan. Aplikasi dinilai mudah dipelajari, efisien digunakan, mudah diingat, memiliki tingkat kesalahan rendah, serta memberikan kepuasan tinggi bagi pengguna. Secara keseluruhan, aplikasi MR ini dinyatakan layak digunakan sebagai media pembelajaran praktik teknik mesin di SMK karena mampu memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan efektif.

## SIMPULAN

Penerapan Mixed Reality terbukti efektif sebagai solusi inovatif dalam simulasi praktik teknik mesin. Laboratorium MR dikembangkan untuk menghadirkan pengalaman belajar interaktif dengan memanfaatkan teknologi realitas campuran, sehingga guru dapat membimbing siswa memahami proses perakitan dan pembongkaran mesin tanpa adanya risiko kerusakan alat maupun cedera. Selain itu, penggunaan MR juga mampu menekan biaya operasional praktik sekaligus meningkatkan intensitas latihan dalam suasana pembelajaran yang lebih mendekati kondisi nyata.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan yang diberikan melalui hibah PDP, dan juga terimakasih kepada Sekolah Tinggi

Teknologi Bontang yang selalu memberikan dukungan terhadap kegiatan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hernandez-Chavez, M. (2021). Development of virtual reality automotive lab for training in engineering students. *Sustainability Switzerland*, 13(17), ISSN 2071-1050, <https://doi.org/10.3390/su13179776>
- Wijaya H, Prasetyo ZK. Analisis Kebutuhan Kompetensi Industri pada Siswa SMK Bidang Teknik Mesin. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 2022;28(1):33–42.
- Sari DW, Handayani R. Kesiapan Infrastruktur Sekolah Menengah Kejuruan dalam Implementasi Praktik Teknik. *Jurnal Vokasi Teknik*. 2021;19(2):112–8.
- Halabi O. Immersive Mixed reality to enforce teaching in engineering education. *Multimed Tools Appl*. 2020;79:29845–66. doi:10.1007/s11042-019-08214-8.
- Plotzky, C. (2023). My hands are running away – learning a complex nursing skill via virtual reality simulation: a randomised mixed methods study. *BMC Nursing*, 22(1), ISSN 1472-6955, <https://doi.org/10.1186/s12912-023-01384-9>
- Radiani J, Majchrzak TA, Fromm J, Wohlgenannt I. A systematic review of immersive Mixed reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Comput Educ*. 2020;147:103778.
- Astuti PR, Nugroho RA. Pengembangan Media Pembelajaran MR untuk Pembelajaran Teknik Mesin SMK. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*. 2023;5(1):55–64
- Valdez, M.T. (2015). 3D virtual reality experiments to promote electrical engineering education. 2015



- 
- International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training Ithet 2015, <https://doi.org/10.1109/ITHET.2015.7217957>
- Halabi O. Immersive Mixed reality to enforce teaching in engineering education. *Multimed Tools Appl.* 2020;79:29845–66.
- Lee J, Park J, Lee H. Development of a MR-based CNC simulation for engineering training. *Int J Adv Manuf Technol.* 2021;112(3-4):809–23.
- Freina L, Ott M. A literature review on immersive Mixed reality in education: State of the art and perspectives. In: *eLearning and Software for Education.* 2015;1:133–41.
- Astuti PR, Nugroho RA. Pengembangan Media Pembelajaran MR untuk Pembelajaran Teknik Mesin SMK. *J Inovasi Teknologi Pendidikan.* 2023;5(1):55–64]