



Bulletin of Information System Research (BIOS)
eISSN 2963-2455 (media online)

Publisher CV. Graha Mitra Edukasi
Sekretariat Komplek Senda Residence, Jln. Payanibung Ujung Dalu 10-8, Tanjung Morawa Kab. Deli Serdang
Website: <https://journal.grahamitra.id/index.php/bios>, Email: jurnal.bios@gmail.com

Medan, 21 Agustus 2026

No : 089/LOA-BIOS/VIII/2026
Lamp : -
Hal : Surat Penerimaan Naskah Publikasi Jurnal

Kepada Yth, sdr/i **Khadijatun Musanna**
Di Tempat

Terimakasih telah mengirimkan artikel ilmiah untuk diterbitkan pada **Bulletin of Information System Research (BIOS)** (eISSN 2963-2455), dengan judul:

**Pengembangan Media Visual Interaktif Berbasis WebAR
Menggunakan WorldCAST dalam Pembelajaran Teknik Mesin
Otomotif**

Penulis: **Khadijatun Musanna, Raihan Islamadina**

Berdasarkan hasil review, artikel tersebut dinyatakan DITERIMA untuk dipublikasikan pada Volume 4, Nomor 3, Agustus 2026.

QR Code dibawah ini merupakan penanda keaslian LOA yang telah dikeluarkan, yang akan menuju pada halaman website Daftar LOA pada Jurnal BIOS.

Sebagai informasi tambahan, jurnal **Bulletin of Information System Research** terakreditasi SINTA Peringkat 5 berdasarkan Surat Keputusan Peringkat Akreditasi periode II 2025 dari Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi No. [156/C/C3/KPT/2026](#), tanggal 7 April 2026, dari Vol 1 No 2 tahun 2023, hingga Vol 6 No 1 tahun 2028.

Demikian informasi yang kami sampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.



Hormat Kami,

Muhammad Syahrizal, M.Kom
Managing Journal

Tembusan:

1. Peringgal
2. Author

Pengembangan Media Visual Interaktif Berbasis WebAR Menggunakan WorldCAST dalam Pembelajaran Teknik Mesin Otomotif

Khadijatun Musanna¹, Raihan Islamadina², Fathiah³

Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Prodi Pendidikan Teknologi Informasi, UIN Ar-Raniry, Banda Aceh, Indonesia

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media visual interaktif berbasis teknologi *Augmented Reality* pada web (WebAR) dengan menggunakan platform WorldCAST.io dalam pembelajaran Teknik Mesin Otomotif di SMK Kabupaten Pidie Jaya, sekaligus mengetahui tingkat kelayakan media yang dikembangkan. Penelitian ini menerapkan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi lima tahap, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Subjek penelitian melibatkan 20 siswa kelas XII Program Keahlian Teknik Mesin serta satu guru mata pelajaran Teknik Pemeliharaan Mesin Otomotif yang ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan angket. Instrumen penelitian berupa angket penilaian kelayakan yang disusun berdasarkan aspek materi dan media dengan menggunakan skala Likert 1–5. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan teknik deskriptif kuantitatif melalui perhitungan nilai rata-rata dan persentase kelayakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis WebAR memperoleh skor 51 dari skor maksimum 60 berdasarkan penilaian ahli materi, dengan nilai rata-rata 4,25 dan persentase kelayakan sebesar 85%, sehingga termasuk dalam kategori “Sangat Layak”. Penilaian ahli media menghasilkan skor 53 dari skor maksimum 60, dengan nilai rata-rata 4,42 dan persentase sebesar 88,33%, yang juga berada pada kategori “Sangat Layak”. Media yang dikembangkan mampu menyajikan visualisasi komponen utama mesin sepeda motor, meliputi silinder, piston, *crankshaft*, dan *connecting rod*, dalam bentuk objek 3D yang dapat diakses melalui browser dengan memindai kode QR. Berdasarkan hasil tersebut, media visual interaktif berbasis WebAR menggunakan WorldCAST.io dinyatakan sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk membantu siswa memahami materi Teknik Pemeliharaan Mesin Otomotif secara lebih konkret, interaktif, dan mudah diakses.

Kata Kunci: Media Pembelajaran; WebAR; WorldCAST; Teknik Mesin Otomotif; ADDIE

Abstract— This study aims to develop interactive visual media based on *Web-based Augmented Reality* (WebAR) technology—utilizing the WorldCAST.io platform—for Automotive Mechanical Engineering instruction at a vocational high school (SMK) in Pidie Jaya Regency, while also assessing the developed media's feasibility. The study employs the Research and Development (R&D) method using the ADDIE development model, which comprises five stages: analysis, design, development, implementation, and evaluation. The research subjects consisted of 20 Grade XII students from the Mechanical Engineering program and one Automotive Engine Maintenance teacher, selected via purposive sampling. Data collection was conducted through observation, interviews, and questionnaires. The research instrument was a feasibility assessment questionnaire based on material and media aspects, utilizing a 1–5 Likert scale. The obtained data were analyzed using quantitative descriptive techniques, specifically by calculating mean scores and feasibility percentages. The results indicate that the WebAR-based learning media achieved a score of 51 out of a maximum of 60 according to subject matter experts, with a mean score of 4.25 and an 85% feasibility rate, placing it in the "Highly Feasible" category. Media expert assessment yielded a score of 53 out of 60, with a mean score of 4.42 and an 88.33% rating, also falling into the "Highly Feasible" category. The developed media presents visualizations of key motorcycle engine components—including the cylinder, piston, *crankshaft*, and *connecting rod*—as 3D objects accessible via a web browser by scanning a QR code. Based on these findings, the WebAR-based interactive visual media created using WorldCAST.io is deemed highly suitable for use as a learning tool, helping students grasp Automotive Engine Maintenance concepts in a more concrete, interactive, and accessible manner.

Keywords: Learning Media; WebAR; WorldCAST; Automotive Engineering; ADDIE

1. PENDAHULUAN

Teknologi digital di era Industri 4.0 telah mendorong terjadinya perubahan yang cukup besar dalam dunia pendidikan, terutama pada jenjang pendidikan vokasi. Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dituntut untuk menghasilkan lulusan yang tidak hanya memiliki kompetensi teknis, tetapi juga mampu menguasai keterampilan digital dan beradaptasi dengan perkembangan teknologi di dunia industri [1]. Tuntutan tersebut semakin penting dalam pembelajaran kejuruan karena proses pendidikan tidak cukup hanya menekankan pemahaman teori, akan tetapi juga dituntut untuk membekali peserta didik dengan keterampilan praktis yang relevan dengan tuntutan dunia usaha maupun dunia industri. Dengan demikian, proses pembelajaran di SMK memerlukan dukungan media dan metode yang mampu menghadirkan pengalaman belajar yang kontekstual, menarik, serta mudah dipahami oleh siswa [2]. Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penyelenggaraan pendidikan. Seiring dengan perubahan zaman, pola dan proses pembelajaran terus berkembang, baik dalam kegiatan belajar mandiri, pemanfaatan berbagai perangkat pembelajaran, maupun interaksi selama proses belajar berlangsung. Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan kemudahan dan efektivitas dalam mendukung berbagai aktivitas manusia. Dalam pembelajaran abad ke-21, beragam teknologi dimanfaatkan untuk menunjang terjadinya interaksi antara peserta didik, pendidik, serta berbagai sumber belajar yang ada di lingkungan pembelajaran. Dengan demikian, teknologi memiliki peran penting sebagai sarana, proses, sekaligus sumber yang menunjang kegiatan belajar mengajar. Di

antara sekian banyak elemen yang turut mendukung kelancaran proses tersebut, media pembelajaran menjadi salah satu komponen yang memegang peranan penting [3].

Media dapat dipahami sebagai alat yang berperan sebagai penyalur pesan ataupun informasi dari suatu sumber menuju penerima. Dalam bidang teknologi informasi, media tidak hanya berperan sebagai alat penyampai informasi, tetapi juga dapat digunakan untuk menerima pesan serta mendukung terjadinya proses komunikasi. Suatu teknologi dapat dikategorikan sebagai media komunikasi apabila mampu menyampaikan informasi secara efektif dan membantu memperlancar interaksi antara pihak yang terlibat. Seiring perkembangan teknologi, pemanfaatan media semakin meluas dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan. Dalam proses pembelajaran, penggunaan berbagai jenis media memungkinkan kegiatan belajar yang pada awalnya masih bersifat tradisional kini bertransformasi menjadi lebih kekinian dan bervariasi. Penggunaan media tersebut juga ditunjang oleh keberadaan akses internet yang memungkinkan peserta didik untuk menjangkau beragam sumber belajar secara lebih luas [4]. Namun, media pembelajaran yang hanya mengandalkan teks, gambar, maupun video masih memiliki keterbatasan dalam menampilkan objek dan proses secara nyata. Kondisi tersebut menjadi lebih penting dalam pembelajaran vokasi yang membutuhkan pemahaman terhadap objek, komponen, prosedur kerja, serta berbagai proses teknis secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran yang mampu menyajikan materi secara lebih visual, interaktif, dan mendekati kondisi nyata sehingga dapat membantu peserta didik memahami objek dan proses pembelajaran dengan lebih mudah [5].

Salah satu teknologi yang dianggap dapat memenuhi tuntutan tersebut adalah *Augmented Reality* (AR), yakni teknologi yang memadukan unsur-unsur virtual dengan kondisi lingkungan yang sesungguhnya secara *real-time*, sehingga pengguna dapat berinteraksi langsung dengan informasi yang bersifat digital yang ditampilkan pada lingkungan fisik [6]. Penggunaan AR memungkinkan siswa melihat objek tiga dimensi, animasi, dan berbagai informasi pendukung yang terintegrasi dengan lingkungan nyata. Dengan demikian, konsep atau materi yang sulit diamati secara langsung maupun yang memiliki sifat abstrak dapat disajikan dalam bentuk visual yang lebih nyata dan mudah dicerna. AR tidak hanya berperan sebagai sarana penyampaian informasi, tetapi juga dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan sesuai dengan konteks pembelajaran. Pemanfaatan AR memiliki potensi yang besar dalam pendidikan vokasi karena proses pembelajarannya menekankan keterkaitan antara pemahaman teori dan keterampilan praktik. Dalam pembelajaran bidang teknik, siswa perlu memahami bentuk dan fungsi komponen, hubungan antarbagian, serta prosedur pengoperasian atau kerja suatu sistem yang tidak selalu dapat diamati secara langsung. Melalui teknologi AR, komponen dapat ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi, mekanisme kerja dapat divisualisasikan melalui animasi, dan informasi pendukung dapat diberikan secara interaktif. Kondisi tersebut memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar yang menyerupai objek sebenarnya tanpa harus sepenuhnya bergantung pada ketersediaan benda fisik [7]. Berbagai penelitian turut mengindikasikan bahwa implementasi AR membawa pengaruh yang positif terhadap kegiatan pembelajaran. Penelitian Santosa et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan AR dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan mendukung efektivitas pembelajaran melalui penyediaan simulasi yang interaktif. Selain itu, teknologi AR dapat menunjang pembelajaran keterampilan praktis karena siswa dapat melakukan simulasi terhadap suatu proses tanpa secara langsung menghadapi risiko kerusakan peralatan maupun cedera. Meskipun demikian, penerapan AR dalam pendidikan masih dihadapkan pada berbagai kendala, di antaranya keterbatasan sarana prasarana digital, kesiapan tenaga pendidik dalam mengoperasikan maupun mengembangkan teknologi, serta kebutuhan akan konten AR yang sesuai dengan karakteristik materi pembelajaran [8]. Dengan demikian, upaya pengembangan AR masih perlu terus dilakukan secara berkesinambungan, khususnya dalam pendidikan vokasi yang membutuhkan penyajian objek, mekanisme, dan prosedur teknis dengan cara yang lebih nyata serta melibatkan interaksi langsung.

Salah satu bentuk pengembangan teknologi AR yang relevan dalam proses belajar adalah *Web-based Augmented Reality* (WebAR) [9]. Seiring dengan kemajuan teknologi AR, penerapannya dalam bidang pembelajaran juga semakin berkembang, terutama dalam bentuk *Web-based Augmented Reality* (WebAR). WebAR merupakan salah satu bentuk penerapan teknologi *augmented reality* yang memungkinkan pengguna merasakan pengalaman *augmented reality* secara langsung melalui browser web, tanpa perlu mengunduh maupun menginstal aplikasi khusus. Karakteristik ini memberikan kemudahan bagi pengguna, karena media AR dapat diakses langsung menggunakan perangkat yang telah dimiliki, seperti ponsel atau tablet. Dalam bidang pendidikan, kemudahan akses menjadi hal yang sangat penting karena bisa membantu mengurangi hambatan dalam menggunakan teknologi dan memungkinkan pembelajaran dengan media berbasis AR berjalan lebih fleksibel [10]. Penggunaan WebAR sangat berkaitan dengan sifat pendidikan vokasi, yaitu mempelajari keterampilan praktis serta memahami objek atau proses kerja secara baik. Dengan WebAR, objek pembelajaran yang sulit dilihat langsung bisa ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi dan diletakkan di lingkungan sebenarnya. Hal itu memungkinkan siswa melihat bentuk, struktur, bagian, dan cara kerja suatu benda secara lebih jelas. Penelitian mengenai pemanfaatan AR dalam pendidikan vokasi menunjukkan bahwa teknologi ini dapat dijadikan sebagai alat pembelajaran yang inovatif, sehingga mampu meningkatkan pemahaman, pengetahuan, serta keterampilan peserta didik, sekaligus menghadirkan pengalaman belajar yang lebih autentik sekaligus konkret [11].

Salah satu platform yang dapat dioptimalkan dalam rangka mengembangkan media pembelajaran berbasis WebAR ialah WorldCAST. WorldCAST merupakan platform berbasis WebAR yang memungkinkan pengguna membuat dan mempublikasikan pengalaman augmented reality melalui peramban web tanpa memerlukan kemampuan pemrograman (no-code). Platform ini memungkinkan pengguna memasukkan berbagai jenis konten digital, seperti model tiga dimensi, animasi, gambar, video, audio, dan tombol interaktif ke dalam pengalaman AR. WorldCAST juga menyediakan beberapa pendekatan penempatan konten, antara lain berbasis marker, permukaan (*surface*), dan lokasi (*geospatial*), sehingga pengguna dapat menyesuaikan bentuk pengalaman AR dengan kebutuhan pembelajaran [12]. Penggunaan WorldCAST dalam pengembangan media pembelajaran memiliki beberapa potensi yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran di SMK. Kemudahan pembuatan konten tanpa pemrograman dapat membantu pengembang ataupun pendidik menghasilkan media AR tanpa harus memiliki keterampilan pengembangan aplikasi yang rumit. Selain itu, kemampuan platform untuk menampilkan model 3D, animasi, video, dan gambar dapat dimanfaatkan untuk menyajikan materi yang membutuhkan visualisasi objek dan proses secara lebih jelas. WorldCAST juga memungkinkan pengalaman AR diakses secara langsung melalui web, sehingga pengguna tidak perlu menginstal aplikasi khusus pada perangkat yang digunakan. Karakteristik tersebut menjadikan WorldCAST berpotensi digunakan sebagai alternatif dalam pengembangan media visual interaktif untuk pembelajaran vokasi [13].

Dalam pembelajaran Teknik Mesin Otomotif, pemanfaatan media visual interaktif berbasis WebAR dapat membantu siswa memahami bagian-bagian mesin beserta cara kerjanya dengan lebih mudah. Materi mengenai komponen-komponen mesin, fungsi masing-masing bagian, cara penyetelan, serta tahapan perawatan mesin umumnya memerlukan penyajian visual atau penjelasan yang jelas agar siswa mampu mengaitkan teori dengan kondisi mesin yang sesungguhnya. Penyampaian materi yang hanya mengandalkan gambar dua dimensi atau penjelasan lisan cenderung menyulitkan siswa dalam membayangkan bentuk serta posisi komponen secara utuh. Karena itu, dibutuhkan media belajar yang mampu menampilkan objek mesin dengan cara yang lebih interaktif dan memberi ruang bagi siswa untuk mengamatinya dari berbagai sudut pandang [14]. Berdasarkan observasi awal di SMK Kabupaten Pidie Jaya, pembelajaran Teknik Mesin Otomotif masih mengandalkan alat bantu konvensional seperti papan tulis dalam penyampaian materi. Guru masih mengalami kendala dalam menampilkan maupun menjelaskan komponen mesin secara visual, sehingga siswa pun kesulitan dalam memahami materi yang diajarkan. Meskipun kajian mengenai pemanfaatan AR dalam pendidikan vokasi telah cukup berkembang, sebagian besar penelitian masih terbatas pada penggunaan aplikasi atau sistem AR tertentu yang mensyaratkan instalasi aplikasi khusus serta pengembangan teknologi yang relatif kompleks. Di sisi lain, pemanfaatan WebAR sebagai media pembelajaran yang dapat diakses langsung melalui browser, khususnya dengan platform WorldCAST, masih tergolong minim dalam konteks pembelajaran teknik perawatan mesin otomotif. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian yang mengembangkan media visual interaktif berbasis WebAR menggunakan WorldCAST guna membantu memvisualisasikan materi teknik pemeliharaan mesin otomotif secara lebih jelas dan menarik [15].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Dasar Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode penelitian pengembangan yang bertujuan menghasilkan media visual interaktif berbasis WebAR dengan memanfaatkan platform WorldCAST.io guna menunjang jalannya proses pembelajaran pada mata pelajaran Teknik Mesin Otomotif. Pengembangan media dalam studi ini mengacu pada model ADDIE serta Model ini dipilih karena memiliki tahapan pengembangan yang bersifat sistematis sekaligus terstruktur, sehingga sesuai untuk merancang dan menghasilkan media pembelajaran berbasis teknologi secara terarah [16].

Pada fase Analisis, dilaksanakan proses identifikasi yang mencakup kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, materi yang akan disampaikan, serta kondisi media pembelajaran yang selama ini telah diterapkan dalam kegiatan belajar Teknik Mesin Otomotif. Analisis dilakukan melalui observasi secara langsung dan wawancara dengan guru untuk mengetahui kendala yang muncul selama proses pembelajaran, tingkat kesulitan siswa dalam memahami materi, serta kebutuhan terhadap media pembelajaran visual yang lebih menarik, interaktif, serta mudah diakses.

Pada tahap desain, dilakukan penyusunan struktur sekaligus konsep dari media pembelajaran berbasis WebAR yang akan dikembangkan. Kegiatan perancangan mencakup penyusunan materi pembelajaran, penentuan objek atau komponen mesin yang akan ditampilkan, perancangan alur penggunaan media, pembuatan tampilan antarmuka, serta pengembangan fitur-fitur interaktif yang mendukung proses pembelajaran. Di samping itu, pada fase ini turut disusun instrumen penelitian yang berbentuk kuesioner penilaian untuk ahli dan kuesioner respons pengguna sebagai alat untuk memperoleh data mengenai kelayakan dan tanggapan terhadap media yang dikembangkan.

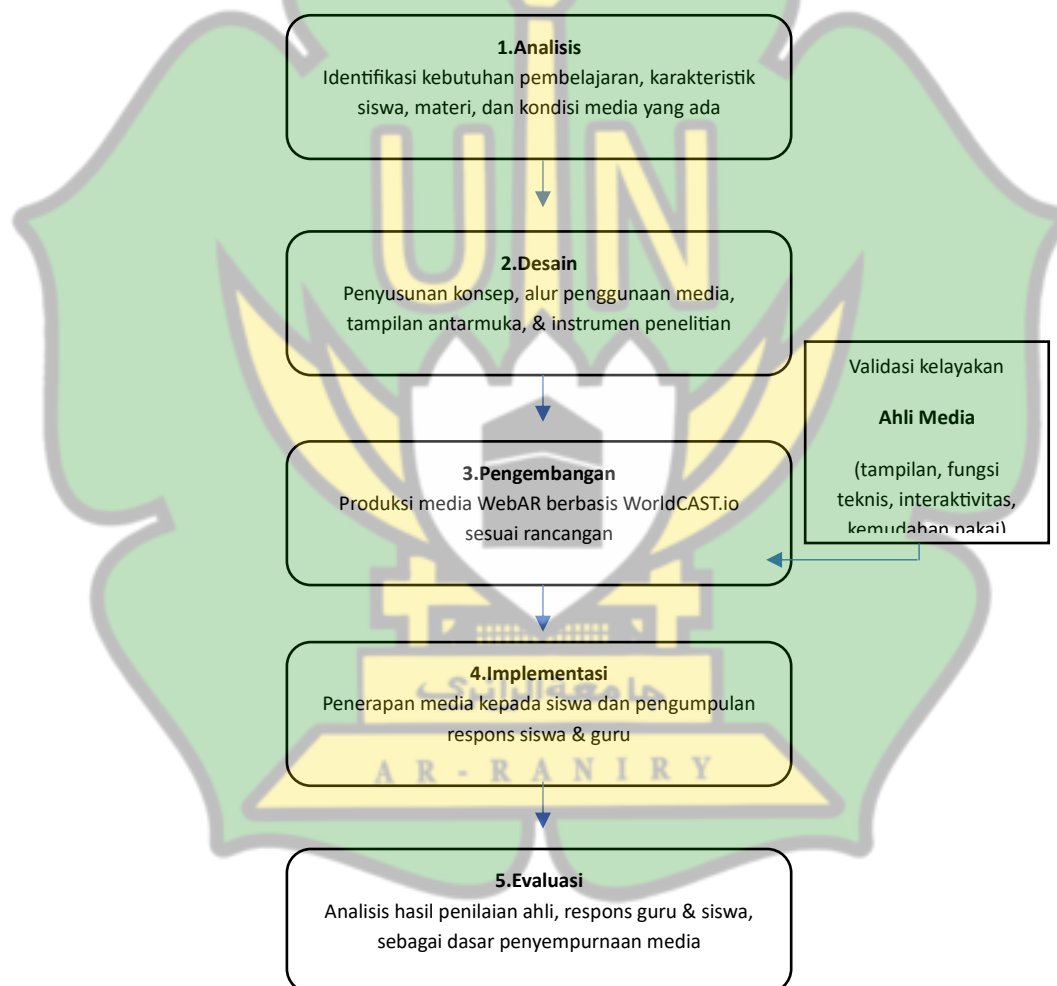
Fase pengembangan adalah proses mewujudkan produk sesuai dengan rancangan yang telah disusun pada tahap sebelumnya. Media pembelajaran ini dikembangkan dengan memanfaatkan platform WorldCAST.io

dengan teknologi WebAR untuk menampilkan berbagai elemen pembelajaran, seperti objek visual, model tiga dimensi, gambar, materi, serta fitur interaktif yang berkaitan dengan mata pelajaran Teknik Pemeliharaan Mesin Otomotif. Usai produk rampung dikembangkan, tahap validasi oleh ahli materi dan ahli media dilaksanakan guna mengukur tingkat kelayakan media sebelum diterapkan kepada siswa. Hasil penilaian, saran, dan masukan dari validator kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan penyempurnaan dan perbaikan terhadap media yang dikembangkan.

Tahap Implementasi dilaksanakan dengan menerapkan media yang telah divalidasi dan direvisi kepada subjek penelitian. Siswa memanfaatkan media berbasis WebAR melalui perangkat yang dapat mengakses web browser. Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data terkait respons siswa terhadap media yang dikembangkan, serta penilaian guru mengenai penggunaan media tersebut dalam proses pembelajaran.

Evaluasi dilaksanakan pada setiap tahapan pengembangan guna mengidentifikasi kekurangan serta mengukur sejauh mana produk yang dihasilkan telah sesuai dengan tujuan penelitian. Evaluasi ini dilakukan dengan menganalisis hasil analisis kebutuhan, penilaian para ahli, tanggapan guru dan siswa, serta masukan yang diperoleh sepanjang proses pelaksanaan. Hasil evaluasi tersebut kemudian dijadikan dasar untuk melakukan perbaikan, sehingga dihasilkan media visual interaktif berbasis WebAR yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran Teknik Mesin Otomotif.

Diagram Alur Penelitian (Model ADDIE)



Penelitian ini mengadopsi pendekatan deskriptif kuantitatif yang juga dilengkapi dengan data bersifat kualitatif sebagai pendukung. Data tersebut digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan media melalui hasil penilaian dari ahli materi, ahli media, dan respons pengguna yang diperoleh menggunakan angket berskala Likert. Adapun data kualitatif yang berupa kritik, saran, serta tanggapan dari validator, guru, dan siswa digunakan sebagai dasar untuk menyempurnakan media pembelajaran yang dikembangkan. Penelitian dilaksanakan pada salah satu SMK di Kabupaten Pidie Jaya, Aceh. Lokasi tersebut dipilih berdasarkan hasil observasi awal yang menunjukkan adanya kebutuhan terhadap media pembelajaran yang dapat membantu menyajikan materi Teknik Mesin Otomotif secara lebih visual dan interaktif. Penentuan subjek dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik *purposive*

sampling, yakni penetapan subjek didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan tertentu yang selaras dengan tujuan penelitian. Subjek penelitian meliputi 20 siswa kelas XII Program Keahlian Teknik Mesin dan satu orang guru pengampu mata pelajaran Teknik Mesin Otomotif. Siswa kelas XII dipilih karena telah memiliki pengetahuan dasar mengenai pemeliharaan mesin, sehingga dianggap mampu memberikan penilaian yang relevan terhadap media pembelajaran yang telah dikembangkan.

Objek studi ini berupa media visual interaktif berbasis WebAR yang dikembangkan menggunakan platform WorldCAST.io sebagai produk yang dihasilkan dalam penelitian. Penilaian terhadap media mencakup aspek kelayakan materi dan media, serta tanggapan pengguna terhadap penerapannya dalam proses pembelajaran. Aspek yang dievaluasi meliputi kesesuaian isi materi, kualitas tampilan, kemudahan dalam penggunaan, tingkat tingkat interaktivitas, serta sejauh mana media dapat memberikan manfaat dalam mendukung kegiatan pembelajaran. Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui observasi, wawancara, hasil validasi oleh ahli, serta respons guru dan siswa terhadap media yang dikembangkan. Sementara itu, data sekunder didapatkan dari beragam sumber referensi yang relevan, di antaranya buku, jurnal ilmiah, artikel hasil penelitian, maupun dokumen kurikulum, dan sumber lainnya yang membahas media pembelajaran, *Augmented Reality*, WebAR, pendidikan vokasi, serta pembelajaran Teknik Mesin Otomotif. Proses pengumpulan data dilaksanakan dengan memanfaatkan metode observasi, wawancara, angket, serta dokumentasi. Observasi bertujuan untuk mengetahui kondisi pembelajaran serta kebutuhan media yang dapat mendukung proses belajar. Wawancara dengan guru dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai pelaksanaan pembelajaran, karakteristik materi, dan kendala yang dihadapi dalam penggunaan media pembelajaran. Angket digunakan untuk mengumpulkan penilaian dari ahli materi, ahli media, guru, serta tanggapan siswa terhadap media yang dikembangkan. Adapun dokumentasi berfungsi sebagai data pendukung yang mencakup proses pengembangan, kegiatan validasi, dan penerapan media dalam pembelajaran.

Instrumen yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner yang disusun berdasarkan beberapa aspek yang relevan dengan media visual interaktif berbasis WebAR. Aspek penilaian mencakup materi, kualitas tampilan media, interaktivitas, kemudahan penggunaan, dan manfaat media dalam menunjang proses pembelajaran. Sebelum diterapkan dalam proses pengumpulan data, instrumen terlebih dahulu melalui tahap pemeriksaan dan validasi oleh ahli yang memiliki kompetensi terkait. Tahap tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa setiap butir pernyataan telah sesuai dengan indikator dan aspek yang akan diukur. Hasil validasi kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan penyempurnaan instrumen sebelum digunakan dalam penelitian. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan menerapkan skala Likert lima tingkat. Setiap pilihan jawaban memiliki bobot nilai, yaitu Sangat Setuju (SS) memperoleh skor 5, Setuju (S) skor 4, Cukup Setuju (CS) skor 3, Tidak Setuju (TS) skor 2, dan Sangat Tidak Setuju (STS) skor 1. Selanjutnya, nilai rata-rata hasil penilaian dihitung menggunakan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (1)$$

Keterangan:

$\bar{X}$ = nilai rata-rata

$\sum X$ = jumlah seluruh skor

N = jumlah responden.

dan persentase kelayakan dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{\sum X}{\sum X_{maks}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

P = persentase

$\sum X$ = total skor yang diperoleh

$\sum X_{maks}$ = skor maksimal

Hasil persentase tersebut selanjutnya dikelompokkan ke dalam lima tingkat kelayakan, yaitu Sangat Layak (4,21–5,00), Layak (3,41–4,20), Cukup Layak (2,61–3,40), Tidak Layak (1,81–2,60), dan Sangat Tidak Layak (1,00–1,80). Kategori tersebut digunakan sebagai dasar untuk menarik kesimpulan mengenai kelayakan dan kepraktisan media yang dikembangkan, baik berdasarkan penilaian para ahli maupun tanggapan pengguna.

Tabel 1. Kriteria Kelayakan Media Berdasarkan Rentang Nilai

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

Berdasarkan kriteria tersebut, penilaian dari validator dan respon pengguna digunakan sebagai acuan untuk menentukan sejauh mana kesesuaian media visual interaktif berbasis WebAR yang menggunakan WorldCAST.io. Media dianggap cocok digunakan untuk belajar jika mendapat nilai rata - rata minimal pada kategori Layak, yaitu berada dalam rentang 3,41 sampai 4,20. Hasil penilaian tersebut kemudian digunakan sebagai acuan untuk menentukan apakah media tersebut dapat digunakan dalam proses belajar mengajar atau masih perlu diperbaiki dan diperbarui.

2.2 Teknik Analisis dan Perancangan

Analisis dilakukan melalui pengamatan dan wawancara dengan siswa untuk mengetahui kebutuhan belajar mereka, karakteristik siswa, materi pelajaran yang diajarkan, serta hambatan dalam penggunaan media pembelajaran pada proses belajar mengajar Teknik Mesin Otomotif. Hasil analisis tersebut dijadikan acuan untuk memahami kebutuhan akan media visual interaktif berbasis teknologi WebAR. Tahap perancangan meliputi persiapan bahan, pemilihan objek 3D, gambar, animasi, serta informasi pendukung, dan penyusunan *storyboard* sebagai alat awal untuk menentukan rencana pengembangan. Selanjutnya, rancangan tersebut direalisasikan melalui platform WorldCAST.io dengan memperhatikan berbagai aspek, seperti tampilan, navigasi, interaktivitas, kemudahan penggunaan, serta kesesuaian isi materi. Hasil rancangan tersebut kemudian diuji dan diperiksa terlebih dahulu sebelum digunakan dalam kegiatan belajar mengajar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan media dilakukan secara langsung melalui proses perancangan desain pada platform WorldCAST. Proses diawali dengan membuat proyek WebAR, kemudian menyusun dan mengatur objek visual, tampilan, serta elemen interaktif sesuai dengan rancangan media. Setelah desain selesai, media diuji melalui fitur preview untuk memastikan seluruh objek dan tampilan dapat berjalan dengan baik sebelum dipublikasikan.

3.1 Tahapan Perancangan Media



Gambar 1. Pemilihan Studio Object Visualization pada WorldCAST

Tahapan perancangan media WebAR dimulai dengan memilih Object Visualization Studio pada platform WorldCAST sebagai tempat untuk membuat dan mengembangkan objek AR. Selanjutnya, objek yang akan digunakan dalam media dimasukkan dan diatur sesuai kebutuhan desain. Proses tersebut meliputi pengaturan posisi, ukuran, tampilan, serta elemen pendukung lainnya hingga menghasilkan desain WebAR yang siap diuji [17].



Gambar 2. Perancangan Objek Silinder Mesin Sepeda Motor pada WorldCAST

Gambar 2 menunjukkan cara membuat bentuk tiga dimensi dari objek silinder mesin sepeda motor di platform WorldCAST. Objek Ditempatkan di area kerja dan disesuaikan posisinya serta ditampilkan agar dapat terlihat dengan jelas dalam media WebAR. Pada tahap ini, objek dapat diatur dengan fitur yang tersedia, sehingga menghasilkan tampilan model yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran. Silinder adalah bagian mesin di mana piston bergerak. Silinder adalah tempat terjadinya proses pembakaran di mana campuran udara dan bahan bakar yang terbakar pada mesin bensin, atau udara dan bahan bakar yang terbakar pada mesin diesel. Tekanan dari hasil pembakaran mendorong piston, sehingga membuat gerakan yang selanjutnya diikuti oleh batang penghubung dan poros engkol, akhirnya menghasilkan tenaga berupa putaran.



Gambar 3. QR Code Akses Media AR Silinder Mesin Sepeda Motor

Gambar 3 menunjukkan QR Code yang digunakan sebagai akses menuju media pembelajaran berbasis WebAR yang telah dikembangkan menggunakan WorldCAST. QR Code berfungsi sebagai penghubung antara pengguna dengan media yang telah dipublikasikan. Pengguna dapat memindai QR Code menggunakan kamera atau pemindai QR pada smartphone, kemudian mengakses tautan yang tersedia untuk menjalankan media WebAR melalui browser. Setelah halaman terbuka, pengguna dapat menampilkan dan mengamati objek tiga dimensi silinder mesin sepeda motor melalui perangkat yang digunakan [18].



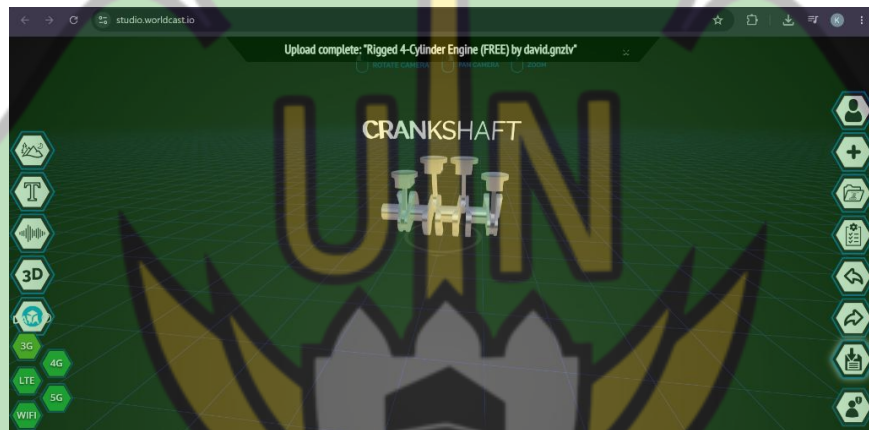
Gambar 4. Perancangan Objek Piston pada WorldCAST

Gambar 4 menampilkan perancangan objek tiga dimensi piston (torak) pada platform WorldCAST. Piston merupakan salah satu komponen utama dalam mesin pembakaran dalam yang bertugas menerima tekanan hasil

pembakaran campuran udara dan bahan bakar, lalu mengubahnya menjadi gerakan naik-turun (gerak translasi) [19]. Gerakan tersebut diteruskan melalui *connecting rod* (batang penghubung) menuju poros engkol sehingga menghasilkan gerak putar yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan. Dalam media WebAR, piston divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi agar peserta didik dapat melihat bentuk dan posisinya sebagai bagian dari mekanisme kerja mesin secara lebih jelas.



Gambar 5. QR Code Akses Media AR Piston

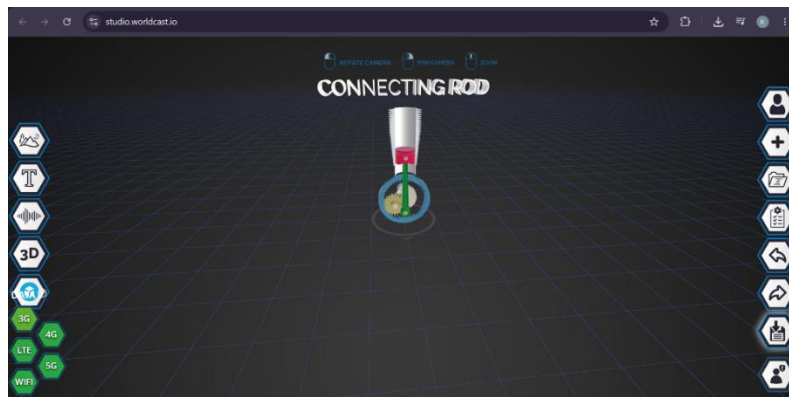


Gambar 6. Perancangan Objek Crankshaft pada WorldCAST

Gambar 6 memperlihatkan proses perancangan objek *crankshaft* (poros engkol) menggunakan platform WorldCAST. Objek ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi sehingga dapat diamati dari berbagai sudut melalui pengaturan kamera. Pada tahap ini, objek disusun dan disesuaikan tampilannya sebagai bagian dari media pembelajaran berbasis WebAR. *Crankshaft* atau poros engkol berfungsi mengubah gerakan naik-turun piston menjadi gerakan putar yang selanjutnya diteruskan untuk menghasilkan tenaga mekanis pada mesin [20]. Dalam proses kerjanya, *crankshaft* bekerja bersama *connecting rod* untuk meneruskan gaya dari piston menuju sistem penggerak mesin.



Gambar 7. QR Code Akses Media AR Crankshaft



Gambar 8. Perancangan Objek Connecting Rod pada WorldCAST

Gambar 8 menunjukkan hasil pengembangan objek *connecting rod* (batang penghubung) menggunakan platform WorldCAST. Objek disajikan dalam bentuk tiga dimensi dan diintegrasikan dengan piston serta mekanisme penggerak untuk memperlihatkan hubungan kerja antar komponen mesin. Penyajian tersebut membantu pengguna memahami posisi dan fungsi *connecting rod* dalam mekanisme kerja mesin secara lebih visual. Connecting rod berfungsi sebagai penghubung antara piston dan *crankshaft* (poros engkol) serta meneruskan gaya yang dihasilkan piston ke *crankshaft*. Komponen ini juga berperan dalam mengonversi gerakan translasi naik-turun piston menjadi gerakan rotasi pada *crankshaft*.



Gambar 9. QR Code Akses Media AR Connecting Rod

Usai proses pengembangan media pembelajaran rampung dirancang dan dikembangkan, tahap seterusnya adalah melakukan uji kelayakan melalui proses validasi oleh para ahli materi sekaligus ahli media. Proses validasi tersebut dimaksudkan untuk mengukur kualitas serta kelayakan media berdasarkan sejumlah kriteria yang telah ditentukan, meliputi kesesuaian materi dengan kurikulum dan kualitas penyajian visual. Hasil penilaian yang diberikan oleh masing-masing validator selanjutnya dihipunkan dan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Penilaian Ahli Materi terhadap Media Pembelajaran

No	Pernyataan	Skor
1	Materi sesuai kurikulum	4
2	Materi sesuai kompetensi siswa	4
3	Materi sesuai konsep teknik mesin otomotif	4
4	Penjelasan fungsi komponen sudah benar	5
5	Kedalaman materi sesuai kemampuan siswa	4
6	Materi mencakup informasi penting	4
7	Materi disajikan secara sistematis	4
8	Bahasa mudah dipahami siswa	4
9	Istilah sesuai bidang teknik mesin otomotif	5
10	Visualisasi 3D sesuai materi	4
11	Materi membantu memahami komponen otomotif	4
12	Media mendukung pembelajaran teknik mesin otomotif	5
Total		51
Skor Max		60
Nilai rata-rata		4,25
Persentase Kategori		85% Sangat layak

Berdasarkan hasil penilaian pada tabel tersebut, media pembelajaran memperoleh skor keseluruhan 51 dari skor maksimum 60, dengan nilai rata-rata 4,25 dan persentase kelayakan sebesar 85%. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa media yang dikembangkan tergolong ke dalam kategori “Sangat Layak” untuk diterapkan dalam kegiatan pembelajaran. Beberapa indikator memperoleh skor tertinggi, yaitu 5, terutama pada ketepatan penjelasan fungsi komponen, penggunaan istilah yang sesuai dengan bidang Teknik Mesin Otomotif, serta kemampuan media dalam mendukung proses pembelajaran. Hal ini mengindikasikan bahwa materi yang disampaikan telah selaras dengan kebutuhan dan karakteristik siswa. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa aspek yang memperoleh skor 4, khususnya pada kedalaman materi dan kualitas visualisasi 3D, sehingga masih dapat dilakukan penyempurnaan. Secara keseluruhan, media pembelajaran telah memenuhi kriteria kelayakan dan dapat digunakan untuk mendukung proses belajar mengajar.

Setelah validasi ahli materi selesai, tahap berikutnya adalah validasi media oleh ahli media untuk mengevaluasi tampilan, fungsi, aspek teknis, interaktivitas, dan kemudahan penggunaan media. Validasi ini memastikan media tidak hanya sesuai secara materi, tetapi juga menarik, mudah dioperasikan, dan efektif menunjang pembelajaran. Hasil penilaian ahli media disajikan pada tabel rekapitulasi berikut.

Tabel 3. Hasil Penilaian Ahli Media terhadap Media Pembelajaran

No	Pernyataan	Skor
1	Tampilan media WebAR menarik	5
2	Tata letak media tersusun dengan baik	4
3	Objek 3D terlihat dengan jelas	5
4	Teks dan informasi mudah dibaca	4
5	Kombinasi warna nyaman dilihat	4
6	Model 3D sesuai untuk pembelajaran	4
7	Objek 3D dapat diamati secara interaktif	5
8	Fitur interaktif mudah digunakan	4
9	Media mudah diakses melalui perangkat	5
10	QR Code mudah digunakan	5
11	Media berjalan dengan baik	4
12	Media layak digunakan dalam pembelajaran	4
Total		53
Skor Max		60
Nilai rata-rata		4,42
Persentase Kategori		88,33% Sangat layak

Berdasarkan hasil validasi dari hasil penilaian ahli pada tabel, media pembelajaran berbasis WebAR memperoleh skor keseluruhan 53 dari skor maksimum 60, dengan nilai rata-rata 4,42 dan persentase kelayakan sebesar 88,33%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa media berada pada kategori “Sangat Layak” untuk diterapkan dalam proses pembelajaran. Beberapa indikator mendapatkan skor tertinggi, yaitu 5, khususnya pada aspek daya tarik tampilan media, kejelasan objek 3D, serta kemudahan akses dan penggunaan *QR Code*. Hal ini menunjukkan bahwa media telah dirancang dengan memperhatikan kualitas visual dan kemudahan pengoperasian. Di sisi lain, beberapa aspek seperti tata letak, tingkat kecerahan teks, dan pemilihan warna memperoleh skor 4, yang berarti aspek tersebut telah memenuhi kriteria dengan baik, tetapi masih dapat disempurnakan. Secara keseluruhan, hasil validasi ahli media memperlihatkan bahwa media WebAR memiliki tampilan yang atraktif serta mudah dioperasikan, dan mampu memberikan pengalaman interaktif kepada pengguna. Dengan demikian, media yang dikembangkan dinyatakan telah memenuhi standar kelayakan dan dapat dimanfaatkan sebagai penunjang kegiatan pembelajaran Teknik Mesin Otomotif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan media visual interaktif berbasis *Web-based Augmented Reality* (WebAR) menggunakan platform WorldCAST.io untuk pembelajaran Teknik Mesin Otomotif di SMK Kabupaten Pidie Jaya telah berhasil dilakukan dan memperoleh hasil yang sangat baik. Pengembangan media mengacu pada model ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil validasi ahli materi memperoleh skor 51 dari 60, dengan nilai rata-rata 4,25 dan persentase kelayakan 85%, sehingga termasuk kategori “Sangat Layak”. Sementara itu, validasi ahli media menghasilkan skor 53 dari 60, dengan rata-rata 4,42 dan persentase kelayakan

88,33%, yang juga berada pada kategori “Sangat Layak”. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media yang dikembangkan telah memenuhi kriteria kelayakan dari aspek materi, ketepatan konsep teknis, kualitas visual, interaktivitas, serta kemudahan akses dan penggunaan. Media WebAR yang dikembangkan mampu menampilkan beberapa komponen utama mesin sepeda motor, seperti silinder, piston, *crankshaft*, dan *connecting rod*, dalam bentuk objek tiga dimensi yang dapat diamati dan dieksplorasi secara interaktif melalui browser tanpa memerlukan pemasangan aplikasi tambahan. Dengan demikian, media ini dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret, interaktif, dan mendekati kondisi objek sebenarnya sehingga membantu siswa dalam memahami materi Teknik Mesin Otomotif.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu menjadi perhatian. Materi yang disajikan dalam media hanya berfokus pada empat komponen utama mesin sepeda motor, sehingga belum mencakup seluruh aspek sistem pemeliharaan mesin secara komprehensif. Selain itu, penerapan media dilakukan hanya pada satu kelas dengan jumlah 20 siswa, sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan secara luas dan masih memerlukan pengujian pada kelompok dengan jumlah peserta yang lebih besar. Keterbatasan lainnya berkaitan dengan infrastruktur jaringan internet dan ketersediaan perangkat *smartphone* yang mendukung teknologi AR. Media WebAR membutuhkan koneksi internet yang stabil serta perangkat dengan spesifikasi yang memadai agar objek 3D dapat ditampilkan dengan baik. Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan konten WebAR yang lebih lengkap dengan mencakup berbagai komponen dan sistem pemeliharaan mesin secara lebih menyeluruh. Pengujian juga dapat dilakukan pada jumlah responden yang lebih besar dengan menerapkan desain penelitian eksperimen untuk memperoleh hasil yang lebih terukur terkait efektivitas media terhadap peningkatan hasil belajar. Selain itu, pengembangan media dalam bentuk *offline* atau *hybrid* perlu dipertimbangkan agar penggunaannya tidak sepenuhnya bergantung pada koneksi internet. Upaya tersebut diharapkan dapat meningkatkan optimalisasi dan pemerataan pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* dalam pembelajaran vokasi.

REFERENCES

- [1] F. R. Baharuddin, M. H. Rahman, A. Rahmah, and D. Triantini, “Peningkatan Kompetensi Teknik melalui Pemanfaatan Virtual Reality dan Augmented Reality di SMK Negeri 1 Enrekang,” vol. 7, no. 2, pp. 1110–1118, 2026.
- [2] S. F. Syarif, A. Dwi, and P. Janata, “Syarif, S. F., & Janata, A. D. P. (2024, December). Transformasi Pendidikan Vokasional Strategi Peningkatan Kompetensi Guru SMK melalui Teknologi di Era Revolusi Industri 4.0. In Vocational Education National Seminar (.pdf),” *Vocat. Educ. Natl. Semin.*, vol. 03, no. 01, pp. 1–4, 2024.
- [3] A. et al. Aditya, “Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 9, no. 2, pp. 124–133, 2021.
- [4] M. S. Saleh, Syahrudin, M. S. Saleh, I. Azis, and Sahabuddin, “Media Pembelajaran,” 2023, [Online]. Available: <https://repository.penerbiteureka.com/publications/563021/media-pembelajaran>
- [5] I. G. D. S. Yana, K. R. Dantes, and E. Elisa, “Development of automotive basics learning module Sub-Subject Special Service Tools (SST) based on augmented reality,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 28, no. 2, pp. 213–224, 2022, doi: 10.21831/jptk.v28i2.53099.
- [6] L. Indahsari and S. Sumirat, “Implementasi Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran Interaktif,” *Cognoscere J. Komun. dan Media Pendidik.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–11, 2023, doi: 10.61292/cognoscere.v1i1.20.
- [7] Riza Ubihatun, Aninda Ilmi Aliyya, Fardi Wira, Viby Izmi Ardhelia, and Denny Oktavina Radianto, “Tantangan dan Prospek Pendidikan Vokasi di Era Digital,” *Abstr. J. Kaji. Ilmu seni, Media dan Desain*, vol. 1, no. 3, pp. 01–11, 2024, doi: 10.62383/abstrak.v1i3.118.
- [8] M. Mulders, J. Buchner, and M. Kerres, “Virtual Reality in Vocational Training: A Study Demonstrating the Potential of a VR-based Vehicle Painting Simulator for Skills Acquisition in Apprenticeship Training,” *Technol. Knowl. Learn.*, vol. 29, no. 2, pp. 697–712, 2024, doi: 10.1007/s10758-022-09630-w.
- [9] K. F. McNally and H. Koviland, “A Web-Based Augmented Reality System,” *ICST Trans. Scalable Inf. Syst.*, vol. 11, no. 6, pp. 1–8, 2024, doi: 10.4108/eetsis.5481.
- [10] A. A. Alimi, A. R. Adriansyah, and P. Prima, “Jurnal Informatika Terpadu HIVE-HADOOP,” *J. Inform. Terpadu*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7, 2024.
- [11] S. Darmawan and M. Komaro, “Application of Augmented Reality (AR) In Vocational Education: A Systematic Literature Review,” *VANOS J. Mech. Eng. Educ.*, vol. 8, no. 2, p. 110, 2023, doi: 10.30870/vanos.v8i2.20841.
- [12] J. Jofrisha, Y. Amri, D. Mustika, and R. Fajri, “Pelatihan Pembuatan Media Pembelajaran 3D Berbasis Mobile Based Augmented Reality Untuk Meningkatkan Kompetensi Guru Kimia Kabupaten Aceh Timur Propinsi Aceh,” *Martabe J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 8, no. 3, pp. 1227–1235, 2025.
- [13] R. Fransyaigu, I. Ayudia, R. Arpilia, BungaMulyahati, and A. K. Kenedi, “Inovasi Media Augmented Reality Dalam Mengoptimalkan,” *J. Hum. Educ.*, vol. 4, no. 5, pp. 878–885, 2024, [Online]. Available: <https://jahe.or.id/index.php/jahe/index>
- [14] S. P. A Ryandika, R. Rabiman, “Pengecatan Bodi Pada Smk Program Keahlian Teknik,” vol. 6, pp. 29–38, 2024.
- [15] K. Dasar et al., “Technologica,” vol. 5, no. 1, pp. 17–26, 2026.
- [16] Agnes Masayu, Ronald Fransyaigu, and Maisarah, “Pengembangan Media Augmented Reality Pada Materi Mengenal Provinsi di Indonesia Terhadap Minat Belajar Siswa Sekolah Dasar,” *J. Pengabd. Masy. dan Ris. Pendidik.*, vol. 4, no. 4, pp. 21680–21690, 2026, [Online]. Available: <https://jerkin.org/index.php/jerkin/article/view/5564>
- [17] F. Spettu, C. Achille, and F. Fassi, “State-of-the-Art Web Platforms for the Management and Sharing of Data: Applications, Uses, and Potentialities,” *Heritage*, vol. 7, no. 11, pp. 6008–6035, 2024, doi: 10.3390/heritage7110282.
- [18] A. R. Book and B. Tracking, “JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia Perancangan Augmented Reality Book Sebagai

- Media Pembela- jaran Monumen Bersejarah Menggunakan Metode Marker Based Tracking,” vol. 7, no. 4, pp. 881–897, 2025.
- [19] S. Suherman, S. Mizhar, A. Putra, S. Sutiman, and Z. Arifin, “Analisa Komparasi Sifat Fisis dan Mekanis Piston Sepeda Motor dari Empat Pabrik,” *J. Pendidik. Vokasi Otomotif*, vol. 6, no. 2, pp. 107–114, 2024, doi: 10.21831/jpvo.v6i2.72932.
- [20] S. Salah *et al.*, “Laporan Kerja Praktik Perawatan Overhaul Crankshaft Pada Mesin Yanmar 106 Di Pt Bintang Marina Shipyard,” 2025.

