

Penerapan Media Pembelajaran *Smartboard* berbasis *Augmented Reality* dalam Meningkatkan Minat Belajar Anak Usia Dini

Hasriwana, ZH^{1*}, Nurul Kusumawardhani², Ni'matullah Muin³

Bisnis Digital, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Amika Soppeng
Jl. Bukit Tujuh Wali-Wali, Watansoppeng, Sulawesi Selatan, Indonesia
hasriwana5@gmail.com¹, zhnurulkusuma@amiklps.ac.id², nimatullah@amiklps.ac.id³

Submitted : 13/09/2024; Reviewed : 14/09/2024; Accepted : 26/10/2024; Published : 31/10/2024

Abstract

Current developments in technology and information have influenced all areas of human life, one of which is education. To facilitate the process of conveying learning information to students, an effective learning media is needed. Based on the results of observations, it can be seen that the technological capabilities of teachers in Early Childhood Education in Soppeng Regency are still not optimal, where they still use conventional learning media which is focused on books or blackboard media in learning. With current technological developments, innovation is certainly needed in creating more interactive learning media, so there is a need for an application that can foster students' interest in learning, namely through the application of augmented reality-based smartboard learning media. Through this research, the aim is to improve teachers' abilities in utilizing technology-based learning media, increase students' learning independence, and make it easier for students to understand learning material through attractive virtual displays. Multimedia development is carried out using the multimedia development life cycle (MDLC) method.

Keywords : early childhood, augmented reality, learning media, smartboard

Abstrak

Perkembangan teknologi dan informasi saat ini telah mempengaruhi seluruh bidang kehidupan manusia, salah satunya bidang pendidikan. Dalam memudahkan proses penyampaian informasi pembelajaran kepada siswa dibutuhkan suatu media pembelajaran yang efektif. Berdasarkan hasil observasi terlihat kemampuan teknologi guru pada Pendidikan Anak Usia Dini di Kabupaten Soppeng masih belum optimal, dimana masih memanfaatkan media pembelajaran secara konvensional yang terpaku pada buku atau media papan tulis dalam belajar. Dengan adanya perkembangan teknologi saat ini, tentu membutuhkan inovasi dalam menciptakan media pembelajaran yang lebih interaktif, sehingga diperlukan adanya sebuah aplikasi yang dapat menumbuhkan minat belajar peserta didik yaitu melalui penerapan media pembelajaran smartboard berbasis augmented reality. Pengembangan multimedia dilakukan dengan metode *multimedia development life cycle* (MDLC). Melalui penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan guru dalam memanfaatkan media pembelajaran berbasis teknologi, meningkatkan kemandirian belajar peserta didik, dan memudahkan peserta didik dalam memahami materi pembelajaran melalui tampilan virtual yang menarik.

Kata kunci : anak usia dini, augmented reality, media pembelajaran, smartboard

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan informasi modern telah mempengaruhi segala bidang kehidupan manusia, salah satunya adalah pendidikan. Untuk memudahkan proses mengkomunikasikan informasi pembelajaran kepada siswa, diperlukan metode pembelajaran yang efektif. Media pendidikan merupakan alat untuk menyampaikan informasi pembelajaran antara siswa, guru dan bahan ajar. Pemanfaatan media pembelajaran sebagai penunjang pendidikan merupakan salah satu strategi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas proses pembelajaran. Di dunia digital saat ini, teknologi berperan penting dalam mempermudah pembelajaran, termasuk pada tingkat perkembangan anak usia dini (PAUD), yang juga membutuhkan metode pembelajaran yang menarik dan interaktif..

Periode awal yang paling mendasar dalam perkembangan kehidupan manusia dimulai pada masa usia dini, dimana semua potensi anak berkembang paling cepat [1]. Berdasarkan hasil observasi terlihat kemampuan teknologi guru pada Pendidikan Anak Usia Dini di Kabupaten Soppeng masih belum optimal, dimana masih memanfaatkan media pembelajaran secara konvensional yang terpaku pada buku atau media papan tulis dalam belajar. Dengan adanya perkembangan teknologi saat ini, tentu membutuhkan inovasi dalam

menciptakan media pembelajaran yang lebih interaktif. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru PAUD Nabigh Akademik Soppeng, terdapat kendala dalam menerapkan pembelajaran konvensional yaitu peserta didik mudah bosan disebabkan oleh tampilan visual yang cenderung monoton dan kurang menarik sehingga membutuhkan motivasi belajar yang lebih. Motivasi belajar merupakan motivasi atau kekuatan mental yang dapat mengaktifkan perilaku seseorang, termasuk belajar. Motivasi atau semangat belajar merupakan keinginan seseorang maupun dorongan inspirasi dari orang lain untuk melakukan kegiatan tertentu agar dapat mencapai sasaran yang diinginkan [2].

Salah satu perkembangan media pembelajaran baru saat ini adalah penggunaan teknologi augmented reality. Teknologi ini memungkinkan Anda menggabungkan objek virtual dua dimensi atau tiga dimensi untuk membuat representasi fisik dan memproyeksikannya secara *real time*. *Augmented reality* merupakan upaya untuk menggabungkan materi nyata dan menyajikannya dalam bentuk virtual [3]. Memanfaatkan augmented reality sebagai media pembelajaran yang lebih menarik melalui tampilan virtual yang menggabungkan gambar, video, suara, dan animasi. *Augmented reality* sangat mudah digunakan terutama di bidang pendidikan karena memberikan informasi yang mudah dipahami dan dapat menampilkan gambar objek dalam bentuk tiga dimensi. [4]. Aspek interaktif dan menyenangkan harus ada dalam proses pembelajaran yang baik, serta harus mampu memstimulasi dan memberikan ruang belajar yang lebih bagi peserta didik agar dapat mengembangkan kemandirian belajar sesuai minat dan bakat yang dimiliki. Penggunaan media pembelajaran multimedia seperti suara, gambar berwarna, dan animasi yang dikemas secara informatif dan interaktif meningkatkan minat dan semangat belajar siswa [5]. Memperkenalkan teknologi augmented reality ke dalam kelas menumbuhkan kreativitas dan inovasi siswa dalam proses pembelajaran. [6].

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut diperlukan adanya aplikasi yang dapat meningkatkan minat belajar siswa melalui penggunaan media pembelajaran smartboard berbasis *augmented reality*. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan keterampilan guru dalam menangani media pembelajaran berbasis teknologi, meningkatkan kemandirian belajar siswa, dan memfasilitasi pemahaman konten pembelajaran melalui keterlibatan representasi virtual.

2. Metodologi

Metode penelitian dapat diartikan sebagai metode ilmiah untuk memperoleh data yang diperlukan untuk penelitian. Artinya metode ilmiah, bidang penelitian, jenis penelitian dan batasan metode ilmiah. Penelitian juga merupakan upaya untuk memperoleh pengetahuan berbasis bukti dengan menggunakan metode ilmiah tertentu.

2.1. Diagram Alir Penelitian

Flowchart merupakan representasi visual suatu algoritma dalam bentuk diagram. Diagram ini terdiri dari berbagai bentuk grafis dua dimensi (node) yang dihubungkan dengan garis penghubung. Setiap bentuk dalam diagram alur mewakili proses tertentu dan biasanya menyertakan teks. [7]. Tahapan penelitian digambarkan pada *flowchart* penelitian berikut ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

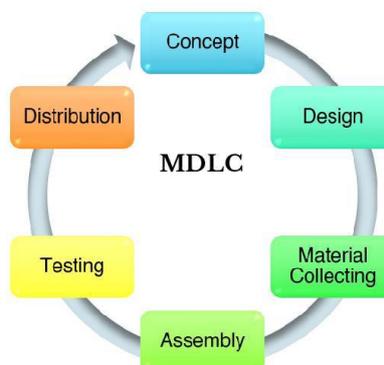
2.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah suatu usaha sistematis dengan prosedur terstandar untuk memperoleh ukuran tentang variable dan jawaban atas pertanyaan penelitian [8]. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya :

- a. Observasi
- b. Melakukan observasi langsung ke lokasi penelitian dan mengumpulkan data serta dokumen yang relevan dengan kebutuhan penelitian [9].
- c. Wawancara
Melakukan pengumpulan data dengan cara mengajukan beberapa pertanyaan kepada pihak terkait dengan tujuan untuk mendapatkan informasi yang akurat terkait dengan penelitian yang dilakukan.
- d. Studi literatur
Melakukan pengelolaan landasan teori dan kebaruan penelitian melalui berbagai referensi diantaranya buku, jurnal, *website*, atau sumber lainnya yang relevan dengan penelitian.

2.3. Metode Pengembangan Sistem

Pengembangan multimedia yang melibatkan pembelajaran memerlukan langkah-langkah yang terencana dan sistematis untuk menjamin produk multimedia yang dihasilkan berkualitas dan layak untuk pembelajaran [10]. Seperti terlihat pada Gambar 2 di bawah ini :



Gambar 2. Metode Multimedia Development Life Cycle

Berdasarkan gambar di atas, Anda dapat melakukan pengembangan multimedia dengan menggunakan teknik MDLC (*Multimedia Development Life Cycle*). Metodologi *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) terdiri dari beberapa fase::

- a. *Concept*. Pada fase ini, Anda mengembangkan konsep dasar aplikasi yang Anda rancang dan target pengguna yang akan menggunakan aplikasi tersebut. Peneliti menentukan tujuan aplikasi. Hasil dari fase ini berupa dokumen naratif yang mengungkapkan tujuan yang ingin dicapai.
- b. *Design*. Pada tahap penerapan, semuanya dirinci, termasuk gaya arsitektur, tampilan, dan kebutuhan material dari program yang sedang dirancang. Spesifikasi dibuat sedetail mungkin sehingga tidak diperlukan keputusan baru pada langkah berikutnya.
- c. *Material Collecting*. Pada tahap ini kami mengumpulkan bahan-bahan yang dibutuhkan untuk membuat program editing berupa file multimedia seperti gambar, suara, animasi, dan video.
- d. *Assembly*. Pada tahap ini dibuat program yang dirancang, dimulai dari penyusunan materi yang dikumpulkan pada tahap sebelumnya.
- e. *Testing*. Pada tahap ini, program yang dirancang diuji dan dijalankan..
- f. *Distribution*. Ini adalah fase pendistribusian program yang dibuat sebagai bagian dari evaluasi pengembangan produk.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Penerapan media pembelajaran smartboard berbasis augmented reality untuk meningkatkan minat belajar pada anak usia dini melibatkan beberapa tahap:

3.1.1. Analisis Kebutuhan

Perangkat lunak ini merupakan perpanjangan dari metode pembelajaran yang awalnya berbentuk buku dan disajikan dalam bentuk cerita yang telah dimodifikasi menjadi format video atau 3D. Dalam perancangan aplikasi ini telah mempertimbangkan tren pengguna teknologi saat ini. Dengan penggunaan teknologi sehari-hari, platform pembelajaran ini dapat diakses dengan mudah. Platform pendidikan ini juga dapat memberikan tampilan baru pada program pendidikan untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih baik.

Berdasarkan informasi dari banyak perguruan tinggi PAUD di Kabupaten Soppeng, siswa bosan dengan kegiatan pembelajaran yang diterapkan dalam kegiatan pembelajaran di sekolah. Hasil penelitian ini menunjukkan perlunya adanya kesempatan belajar baru untuk merangsang minat belajar siswa dan menghilangkan rasa bosan dengan menggunakan metode pembelajaran menggunakan teknologi *augmented reality*.

Diperlukan smartphone untuk menggunakan aplikasi ini, pihak sekolah baik itu kepala sekolah ataupun guru dapat memperkenalkan aplikasi pembelajaran hewan yang menggunakan teknologi augmented reality kepada orang tua murid. Hal ini bertujuan agar orang tua dapat memasang aplikasi tersebut di smartphone mereka dan digunakan oleh anak di rumah.

Berdasarkan analisis kebutuhan, aplikasi ini bisa membuat anak didik menjadi lebih tertarik belajar mengenai hewan dan mengatasi kebosanan saat belajar dengan metode pembelajaran yang biasa digunakan.

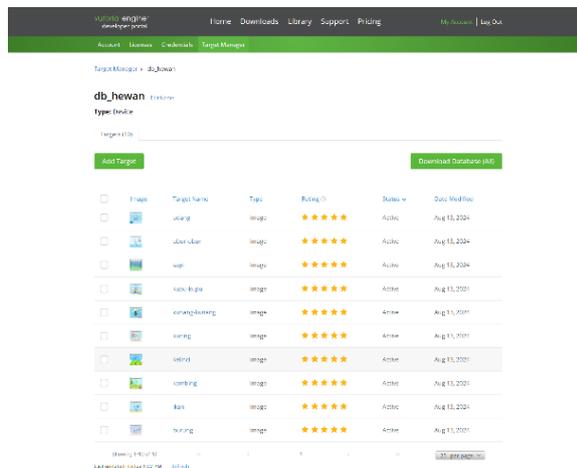
3.1.2. Desain dan Perancangan Database

Aplikasi multimedia pembelajaran dengan *augmented reality* diciptakan untuk membuat siswa tertarik belajar. Tampilannya yang menarik menjadi fitur utama dari aplikasi ini. Aplikasi ini menggunakan Unity untuk membuat aplikasi dan *vuforia developer* sebagai database marker. Berikut ini uraian desain aplikasi pengenalan hewan berbasis *Augmented Reality* :

a. Database

Database untuk aplikasi pengenalan hewan yang menggunakan teknologi *augmented reality* dibuat melalui situs web pengembang *vuforia*. Database memuat gambar yang akan menjadi marker dari objek tiga dimensi maupun video yang ada dalam aplikasi pengenalan hewan. Jumlah database yang digunakan dalam aplikasi ini ada dua yaitu database marker untuk bentuk 3D dan *database marker*

untuk bentuk video. Berikut ini uraian isi dari database aplikasi pengenalan hewan. seperti terlihat pada Gambar 3 di bawah ini :



The screenshot shows a web-based database interface for 'db_hewan'. It features a navigation bar with 'Home', 'Downloads', 'Library', 'Support', and 'Pricing'. Below the navigation, there are buttons for 'Add Target' and 'Download Database (API)'. The main content is a table with columns for 'Image', 'Target Name', 'Type', 'Rating', 'Status', and 'Date Modified'. The table contains 12 rows of data, each with a checkbox, a small image icon, a name, a type, a 5-star rating, a status, and a date.

<input type="checkbox"/>	Image	Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
<input type="checkbox"/>	image	ular	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2024
<input type="checkbox"/>	image	ular ubar	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2024
<input type="checkbox"/>	image	aga	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2024
<input type="checkbox"/>	image	kapuknya	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2021
<input type="checkbox"/>	image	kerampakanng	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2021
<input type="checkbox"/>	image	kerang	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2021
<input type="checkbox"/>	image	selind	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2021
<input type="checkbox"/>	image	lambang	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2021
<input type="checkbox"/>	image	kan	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2021
<input type="checkbox"/>	image	harung	image	★★★★★	Active	Aug 11, 2021

Gambar 3. Database 3D

b. Halaman Menu Utama

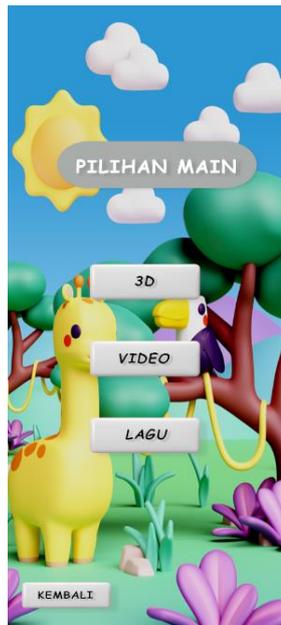
Pada halaman menu utama menampilkan beberapa pilihan menu yaitu, menu play, menu panduan, menu tentang aplikasi dan menu untuk keluar dari aplikasi. Seperti terlihat pada Gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Menu Utama

c. Menu Halaman Pilihan Media

Pada halaman pilihan media ini akan muncul beberapa menu yaitu menu 3D, video, dan lagu seperti pada gambar berikut ini. Seperti terlihat pada Gambar 5 di bawah ini :



Gambar 5. Menu Pilihan Media

d. Pilihan Menu 3D

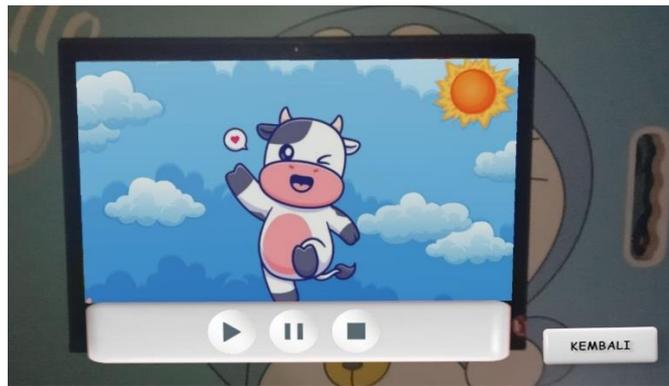
Menu 3D memungkinkan Anda menggunakan kamera AR untuk memindai gambar target yang dibuat di Vuforia Developer. Ketika gambar target yang dipilih dikenali, objek tiga dimensi yang sesuai dengan gambar target akan ditampilkan. Selain menampilkan objek 3D, layar smartphone pengguna juga menampilkan suara binatang yang sesuai dengan objek 3D tersebut. Di pojok bawah terdapat tombol Kembali yang memungkinkan Anda kembali ke halaman sebelumnya. Seperti terlihat pada Gambar 6 di bawah ini :



Gambar 6. Menu 3D

e. Pilihan Menu Video

Dalam menu video ini, kamera AR akan muncul untuk memindai *image* target yang telah dibuat di *vuforia developer*. Setelah *image* target terbaca, video yang sesuai dengan keterangan *image* target akan muncul dan otomatis terputar. Selain video, akan muncul beberapa tombol yaitu, tombol play, stop dan juga pause. Pada bagian sudut bawah terdapat tombol kembali yang bertujuan untuk membawa pengguna kembali ke halaman Pilihan Media. Seperti terlihat pada Gambar 7 di bawah ini :



Gambar 7. Menu Video

f. Menu Lagu

Halaman dengan judul lagu dan lirik akan muncul di menu lagu. Lagu yang sesuai dengan judulnya akan diputar secara otomatis. Selanjutnya terdapat beberapa tombol di bagian bawah untuk memutar, menjeda, menghentikan, memperbesar volume, dan mematikan volume. Selanjutnya terdapat tombol Back untuk kembali ke halaman sebelumnya yaitu menu pemilihan media, dan tombol Next untuk menuju halaman lagu berikutnya. Di halaman lagu terakhir, menu kanan bawah berubah menjadi "Kembali". Hal ini dimaksudkan agar pengguna dapat kembali dengan cepat ke halaman opsi media.. Seperti terlihat pada Gambar 8 di bawah ini :

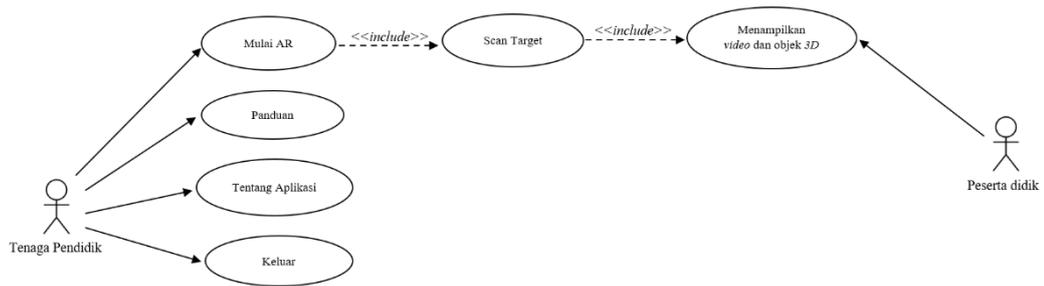


Gambar 8. Menu Lagu

3.2. Pembahasan

3.2.1. Use Case Diagram

Berikut ini adalah rancangan sistem secara umum dari aplikasi multimedia pembelajaran yang digambarkan dengan *use case diagram* [11]. *Use case* dalam aplikasi ini menggunakan dua aktor yaitu tenaga pendidik dan peserta didik. Seperti terlihat pada Gambar 9 di bawah ini :

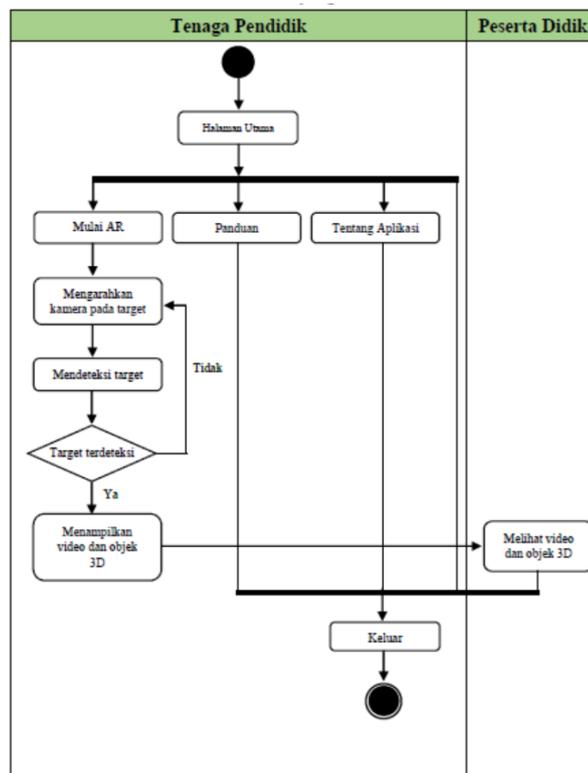


Gambar 9. Activity Diagram

Pada gambar *activity diagram* di atas menjelaskan bahwa tenaga pendidik memiliki akses untuk dapat memulai aplikasi, melihat panduan, melihat menu tentang aplikasi, dan menu keluar. Pada saat mulai penggunaan aplikasi tenaga pendidik melakukan scan pada target yang selanjutnya akan menampilkan video dan objek 3D sebagai media pembelajaran yang ditujukan kepada peserta didik.

3.2.2. Activity Diagram

Activity diagram merupakan aliran aktivitas mengenai alur kerja sistem yang dirancang dalam bentuk grafik [12]. Seperti terlihat pada Gambar 10 di bawah ini :



Gambar 10. Activity Diagram

Pada gambar *activity diagram* di atas menjelaskan bahwa tenaga pendidik memiliki akses untuk dapat memulai aplikasi, melihat panduan, dan melihat menu tentang aplikasi. Pada saat mulai penggunaan aplikasi tenaga pendidik melakukan scan pada target, apabila target tidak terdeteksi maka akan dilakukan scan ulang dan apabila target berhasil terdeteksi maka selanjutnya akan menampilkan video dan objek 3D sebagai media pembelajaran yang ditujukan kepada peserta didik. Setelah selesai menggunakan aplikasi, tenaga pendidik dapat mengakses menu keluar.

3.2.3. Pengujian Sistem

Pengujian terhadap aplikasi adalah tahapan yang penting untuk dilakukan dengan tujuan menghindari kesalahan ataupun error pada aplikasi. Pengujian aplikasi pengenalan hewan menggunakan teknologi *augmented reality* menggunakan *Black Box Testing* untuk melihat fungsionalitas dari aplikasi.

Tabel 1. Pengujian Sistem

No.	Navigasi	Hasil yang diharapkan	Hasil	
			Berhasil	Tidak
1	3D	Dapat menampilkan objek 3 dimensi hewan	✓	
		Dapat mengeluarkan suara	✓	
		Dapat kembali ke halaman pilihan media	✓	
		Dapat menampilkan objek video hewan	✓	
2	Video	Dapat menjeda video	✓	
		Dapat melanjutkan video atau <i>play</i>	✓	
		Dapat menghentikan video atau <i>stop</i>	✓	
		Dapat kembali ke halaman pilihan media	✓	
		Dapat memutar lagu sesuai dengan judul	✓	
3	Lagu	Dapat pindah ke halaman selanjutnya	✓	
		Dapat pindah ke halaman sebelumnya	✓	
		Dapat kembali ke halaman pilihan media	✓	
4	Menu	Dapat menampilkan informasi mengenai panduan dalam penggunaan aplikasi	✓	
5	Menu	Dapat menampilkan informasi yang dibutuhkan tentang aplikasi secara umum	✓	
6	Menu	Dapat keluar dari aplikasi	✓	
	Keluar			

4. Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini yaitu aplikasi multimedia pembelajaran menggunakan teknologi *augmented reality* dibangun dengan aplikasi unity dan vuforia developer sebagai database dari target video ataupun 3D. Setelah melakukan penelitian ini, dapat diperoleh kesimpulan diantaranya yaitu aplikasi multimedia pembelajaran menggunakan teknologi *augmented reality* dapat meningkatkan kemampuan tenaga pendidik dalam memanfaatkan media pembelajaran berbasis teknologi, aplikasi ini dapat meningkatkan minat kemandirian belajar peserta didik, dan aplikasi dapat memudahkan peserta didik dalam memahami materi pembelajaran melalui tampilan visual yang menarik.

Daftar Pustaka

- [1] N. Nasution, Y. Darmayunata, and S. Wahyuni, "Pengembangan Media Pembelajaran Anak Usia Dini berbasis Augmented Reality," *J. Obs. J. Pendidik. Anak Usia Dini*, vol. 6, no. 6, pp. 6462–6468, 2022.
- [2] L. Puspitasari, H. P. Pradana, and H. Hasanah, "Penerapan Media Augmented Reality Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Anak Usia Dini," *J. Kumara Cendekia*, vol. 12, no. 2, pp. 115–126, 2024.
- [3] R. S. Ritonga, Z. Syahputra, D. Arifin, and I. M. Sari, "Pengembangan Media Pembelajaran Smart Board Berbasis Augmented Reality Untuk Pengenalan Hewan Pada Anak Usia Dini," *J. PG-PAUD Trunojoyo J. Pendidik. dan Pembelajaran Anak Usia Dini*, vol. 9, no. 1, pp. 40–46, 2022.
- [4] K. I. Maharani and A. S. Aji, "Pemanfaatan teknologi augmented reality sebagai media pembelajaran pengenalan satwa di sekolah," *Tekinkom*, vol. 6, no. 2, pp. 585–593, 2023.
- [5] D. Nurmanto and R. Dedi, "Pemanfaatan Augmented Reality Dalam Aplikasi Magic Book Pengenalan Profesi Untuk Pendidikan Anak Usia Dini," *J. Inform. dan Rekayasa Perangkat Lunak*,

- vol. 1, no. 1, pp. 36–42, 2020.
- [6] A. Hermawan and S. Hadi, “Realitas Pengaruh Penggunaan Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran terhadap Pemahaman Konsep Siswa,” *J. Simki Pedagog.*, vol. 7, no. 1, pp. 328–340, 2024.
- [7] D. Hendra Suryawan, R. Mumpuni, and A. Lina Nurlaili, “Dializer: Aplikasi Simulasi Diagram Alir Berbasis Web,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 5, pp. 3284–3490, 2024.
- [8] A. Rizky Fadilla and P. Ayu Wulandari, “Literature Review Analisis Data Kualitatif: Tahap PengumpulanData,” *Mitita J. Penelit.*, vol. 1, no. No 3, pp. 34–46, 2023.
- [9] Z. Rachmat, A. Irfan, and S. Wahyuddin, “Sistem Informasi Pelayanan Administrasi pada Desa Abbanuangnge Kabupaten Soppeng,” vol. 8, pp. 56–65, 2024.
- [10] Varnando and A. Syazili, “Penerapan Metode MDLC (Multimedia Development Life Cycle) Dalam Rancangan Animasi 3 Dimensi Short Animation ‘Dampak Kekerasan Fisik Pada Anak,’” *KLIK Kaji. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 770–779, 2023, doi: 10.30865/klik.v4i2.1207.
- [11] Z. Rachmat, W. S, A. Irfan, and I. Suwandi, “Rancang Bangun Sistem Informasi Pengelolaan Data Penduduk berbasis Web pada Desa Palangiseng Kabupaten Soppeng,” *J. Minfo Polgan*, vol. 12, no. 1, pp. 1022–1031, 2023.
- [12] Z. Rachmat, W. S, and Y. Yuliana, “Rancang Bangun Aplikasi Registrasi Pengesahan Kependudukan dan Pencatatan Sipil Berbasis Website,” *J. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 2, pp. 159–170, 2022.