



Pengembangan Multimedia Interaktif Berbasis Visual Tiga Dimensi untuk Pembelajaran Numerasi Anak Tunagrahita

Ayu Kristin Natalia Sinaga*, I Ketut Purnamawan, Putu Hendra Suputra

Teknik dan Kejuruan, Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

Email: ^{1*}Ayu.kristin@student.undiksha.ac.id, ²purna@undiksha.ac.id, ³hendra.suputra@undiksha.ac.id

Email Penulis Korespondensi: Ayu.kristin@student.undiksha.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi yang dimanfaatkan sebagai media pendukung pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita. Penelitian dilaksanakan di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD). Metode penelitian menggunakan Multimedia Development Life Cycle (MDLC) yang terdiri atas tahap concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Multimedia yang dikembangkan mampu menampilkan visualisasi objek tiga dimensi, audio interaktif, kuis numerasi, dan sistem reward yang bermanfaat untuk membantu siswa memahami konsep angka secara lebih konkret. Pengujian dilakukan dengan tiga pengujian, yaitu uji ahli isi, uji ahli media, uji respon pengguna dengan metode Usability Metric for User Experience (UMUX). Responden penelitian terdiri dari guru dan siswa tunagrahita sebagai pengguna media pembelajaran. Hasil uji ahli isi menunjukkan persentase kelayakan sebesar 92,86% dengan kategori sangat layak, dan hasil uji ahli media menunjukkan persentase kelayakan sebesar 90% dengan kategori sangat layak. Disamping itu, hasil uji respon pengguna memperoleh skor UMUX sebesar 84,16% yang termasuk kategori Excellent dan Grade A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi memiliki tingkat usability yang sangat baik, mudah digunakan, dan layak dimanfaatkan sebagai media pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita. Penelitian ini berkontribusi dalam menyediakan media pembelajaran yang dirancang dengan didasarkan pada karakteristik anak tunagrahita dan kebutuhan pembelajaran di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD), sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan media pembelajaran interaktif bagi pendidikan inklusi maupun lembaga pendidikan khusus.

Kata Kunci: Multimedia Interaktif; Visual Tiga Dimensi; Unity; UMUX; Anak Tunagrahita

Abstract—This study aims to develop three-dimensional visual-based interactive multimedia to be used as a learning aid for numeracy among children with intellectual disabilities. The study was conducted at the Cahaya Impian Masa Depan (CIMD) Foundation. The research method employed the Multimedia Development Life Cycle (MDLC), which consists of six stages: concept, design, material collecting, assembly, testing, and distribution. The developed multimedia is capable of displaying three-dimensional animal visualizations, interactive audio, numeracy quizzes, and a reward system, which are designed to help students understand numerical concept more concretely. Testing was conducted through three evaluations: a content expert review, a media expert review, and a user responses evaluation using the Usability Metric for User Experience (UMUX) method. The study participants consisted of two teachers and 15 students with intellectual disabilities as users of the learning media. The content expert review yielded a validity percentage of 92,86%, classified as highly valid, and the media expert review yielded a validity percentage of 90%, classified as highly valid. Additionally, the user response evaluation yielded a UMUX score of 84,16% which falls into the Excellent category and Grade A. The research findings indicate that three-dimensional visual-based interactive multimedia possesses excellent usability, is easy to use, and is suitable as an alternative learning medium for numeracy education for children with intellectual disabilities. This study contributes by providing a learning medium designed based on the characteristics of children with intellectual disabilities and the learning needs identified at the Cahaya Impian Masa Depan (CIMD). The developed multimedia is expected to serve as a reference for the development of interactive learning media in inclusive education as well as special education institutions.

Keywords: Interactive Multimedia; Three-Dimensional Visuals; Unity; UMUX; Children with Intellectual Disabilities

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah memberikan pengaruh yang signifikan pada berbagai bidang, termasuk bidang pendidikan. Salah satu bentuk implementasi teknologi dalam bidang pendidikan adalah pengembangan multimedia interaktif yang memiliki kemampuan untuk mengintegrasikan elemen visual, audio, animasi, dan interaksi dengan pengguna dalam satu sistem pembelajaran digital. Pemanfaatan multimedia interaktif dinilai mampu meningkatkan pengalaman belajar pengguna menjadi lebih menarik dan interaktif, sehingga dapat membantu penyampaian informasi dan materi pembelajaran secara lebih efektif apabila dibandingkan dengan metode konvensional (Al-Ishmah et al., 2023). Disamping itu, dengan perkembangan teknologi visual turut mendorong pemanfaatan visualisasi tiga dimensi sebagai media penyampaian informasi yang lebih konkret dan realistis.

Dalam konteks pendidikan inklusi, pemanfaatan teknologi pembelajaran menjadi salah satu aspek penting untuk mendukung proses belajar anak berkebutuhan khusus, termasuk anak tunagrahita. Anak tunagrahita memiliki keterbatasan dalam hal intelektual, yang mencakup konsentrasi, perhatian, dan daya ingat, sehingga mengalami kesulitan dalam memahami konsep abstrak (Siahaan et al., 2023). Kondisi tersebut menjadi penyebab di mana proses pembelajaran membutuhkan pendekatan yang lebih sederhana, menarik, dan berbasis visual agar materi pembelajaran dapat diterima dengan lebih mudah (Permitasari et al., 2022). Berbagai upaya pengembangan media pembelajaran untuk anak tunagrahita sebenarnya sudah mulai banyak dilakukan. Ketut et al., (2020) mengembangkan multimedia interaktif berbasis gamifikasi untuk siswa tunagrahita dan membuktikan bahwa pendekatan berbasis permainan mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Sejalan dengan itu, Mukti Herdiyanto et al. (2020) juga mengembangkan media pembelajaran interaktif yang dirancang khusus untuk anak tunagrahita dan menunjukkan hasil bahwa media berbasis digital lebih efektif dalam menyampaikan materi jika dibandingkan dengan metode



konvensional. Untuk konteks inklusi yang lebih luas, Yuwono & Mirnawati, (2021) menegaskan bahwa yang menjadi kunci keberhasilan proses belajar anak tunagrahita terletak pada strategi pembelajaran kreatif dan interaktif. Salah satu kemampuan dasar yang penting untuk diperkenalkan kepada anak tunagrahita adalah kemampuan numerasi, secara khusus dalam mengenal angka sebagai dasar pembelajaran matematika sederhana dan aktivitas sehari-hari (Nur Faisah et al., 2023).

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilaksanakan di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD), proses pembelajaran yang terlaksana bagi anak tunagrahita saat ini adalah metode pembelajaran konvensional berupa penjelasan verbal dan penggunaan media sederhana sehingga siswa cenderung kehilangan fokus belajar. Kondisi ini sebenarnya bukan menjadi hal yang asing bagi pendidikan tunagrahita. (Sinaga et al., 2023) mengungkapkan tentang tantangan yang masih dihadapi dalam implementasi pendidikan bagi anak tunagrahita secara umum, terutama dalam hal ketersediaan media pembelajaran yang adaptif dan sesuai dengan karakteristik mereka. Keterbatasan ini kemudian berdampak langsung pada kesulitan siswa dalam memahami konsep angka secara konkret yang disoroti dalam penelitian yang dilakukan (Biasa, 2025). Dengan permasalahan tersebut ditunjukkan bahwa dibutuhkan media pembelajaran yang mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih interaktif, adaptif, dan menarik bagi anak tunagrahita.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pengembangan multimedia interaktif dengan memanfaatkan visual tiga dimensi. Teknologi dalam pembelajaran yang memanfaatkan visual tiga dimensi mampu menghadirkan objek pembelajaran yang lebih realistis, sehingga dapat membantu pengguna untuk memahami materi yang disampaikan secara lebih konkret dan interaktif (Rahmatika et al., 2023). Selain itu, pemanfaatan integrasi audio interaktif, animasi, dan sistem interaksi sederhana juga mampu meningkatkan motivasi belajar pengguna selama proses pembelajaran berlangsung. Implementasi multimedia interaktif juga dinilai mampu meningkatkan keterlibatan pengguna melalui pengalaman belajar multisensori yang melibatkan stimulasi visual dan audio secara bersama (Diana et al., 2022).

Dalam pengembangan multimedia interaktif sebagai media pembelajaran, pemanfaatan *game engine Unity* menjadi salah satu platform yang banyak dimanfaatkan karena mendukung integrasi berbagai elemen multimedia seperti objek tiga dimensi, animasi, audio, dan interaksi pengguna dalam satu sistem aplikasi yang dinamis dan interaktif (Zhang, 2024). Selain itu, pemanfaatan perangkat lunak *Blender* juga menjadi pilihan terbaik untuk mendukung dalam proses pembuatan model tiga dimensi karena mendukung pengembangan aset visual yang fleksibel dan efisien (Sardi et al., 2023). Kombinasi penggunaan *Unity* dan *Blender* memungkinkan pengembangan multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi dengan pengalaman pengguna yang lebih interaktif.

Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan teknologi multimedia interaktif sebagai media pembelajaran bagi anak tunagrahita. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Nengah et al. 2022) untuk mengembangkan media pembelajaran animasi tiga dimensi matematika bagi siswa penyandang tunagrahita melalui implementasi visual objek tiga dimensi yang bermanfaat sebagai sarana pembelajaran numerasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan bantuan visualisasi tiga dimensi, anak tunagrahita dimampukan untuk memahami materi pembelajaran secara konkret dan menarik. Namun, pada penelitian ini belum diintegrasikan sistem reward dan audio interaktif, serta evaluasi pengalaman pengguna menggunakan metode *Usability Metric for User Experience (UMUX)*.

Penelitian lainnya dilakukan oleh (Permitasari et al. 2022) mengenai pengembangan modul multimedia interaktif pendidikan kewirausahaan bagi siswa tunagrahita dengan memanfaatkan elemen visual dan interaksi pengguna dalam proses pembelajaran. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan media pembelajaran interaktif mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran dengan kurun waktu yang lebih lama. Akan tetapi, penelitian ini belum memanfaatkan visualisasi objek tiga dimensi dan belum berfokus pada pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita.

Selain itu, (Gresilia & Kamal, 2023) juga melakukan penelitian yang sama dengan hasil yang menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis gambar mampu membantu anak tunagrahita memahami materi pembelajaran secara lebih mudah melalui penyajian visual yang lebih konkret. Namun penelitian tersebut masih menggunakan visual dua dimensi dan belum mengimplementasikan teknologi multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh (Darmawati & Darmawan, 2024) mengenai efektivitas media pembelajaran berbasis aplikasi untuk meningkatkan pengetahuan anak tunagrahita. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran interaktif mampu meningkatkan perhatian dan pemahaman siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Sementara itu (Jiwa Permana et al. 2024) menjelaskan bahwa metode *Usability Metric for User Experience (UMUX)* dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat *usability* aplikasi media interaktif secara efektif. Meskipun demikian, dalam kedua penelitian tersebut belum mengintegrasikan pemanfaatan visualisasi tiga dimensi, serta penerapan evaluasi *usability* pada multimedia pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita.

Berdasarkan hasil telaah yang telah dilakukan terhadap penelitian terdahulu, masih terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) dalam pengembangan multimedia pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran umumnya hanya berfokus pada aspek tertentu, seperti visualisasi tiga dimensi, multimedia interaktif, atau evaluasi *usability* secara terpisah. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan visualisasi objek tiga dimensi, audio interaktif, kuis numerasi, sistem reward, serta evaluasi *usability* menggunakan metode *Usability Metric for User Experience (UMUX)* dalam satu media pembelajaran numerasi yang dirancang sesuai karakteristik anak tunagrahita.

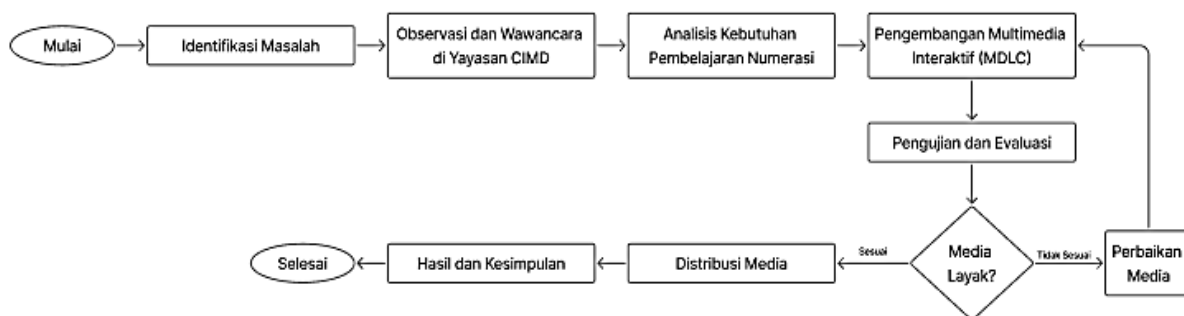
Untuk menjawab kesenjangan tersebut, penelitian ini mengembangkan multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)* yang terdiri atas tahap *concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution*. Multimedia interaktif yang dikembangkan mengintegrasikan visualisasi hewan tiga dimensi, audio interaktif, kuis numerasi, dan sistem *reward* dalam satu aplikasi media pembelajaran berbasis *Windows*. Selain itu, penelitian ini juga menerapkan uji validitas ahli isi, uji validitas ahli media, serta evaluasi *usability* menggunakan metode *UMUX* untuk mengetahui tingkat kelayakan dan pengalaman pengguna terhadap multimedia yang dikembangkan.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi sebagai pendukung pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita. Multimedia yang dikembangkan dirancang agar mampu menjadi alternatif media pembelajaran yang lebih adaptif, interaktif, dan mudah digunakan sesuai karakteristik anak tunagrahita. Selain itu, hasil penelitian ini memberikan kontribusi dalam menyediakan media pembelajaran numerasi berbasis visual tiga dimensi yang dikembangkan berdasarkan kebutuhan pengguna serta dievaluasi dengan metode *Usability Metric for User Experience (UMUX)*, sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan multimedia interaktif pada pendidikan inklusi maupun lembaga khusus.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Kerangka Dasar Penelitian

Penelitian ini berawal dari permasalahan pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita yang masih mengandalkan metode konvensional dan kurang interaktif. Kondisi tersebut menyebabkan anak-anak tunagrahita mengalami kesulitan dalam memahami konsep numerik secara konkret dan kurang fokus selama proses pembelajaran berlangsung. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi yang dilengkapi dengan objek hewan tiga dimensi, audio interaktif, kuis numerasi, dan sistem *reward* dengan menggunakan *Unity* dan *Blender*. Multimedia interaktif yang dikembangkan kemudian diuji melalui uji validitas ahli isi, uji validitas ahli media, dan pengujian kepuasan pengguna dengan metode *UMUX* untuk mengetahui tingkat kelayakan dan *usability* media pembelajaran. Adapun kerangka dasar penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* kerangka penelitian pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Kerangka Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk mengembangkan multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi sebagai media pendukung pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD). Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*, yang terdiri dari enam tahap: *concept, design, material collecting, assembly, testing, and distribution* (Effendi, 2020). Pemilihan metode MDLC didasarkan pada kemampuan metode dalam mendukung proses pengembangan aplikasi multimedia secara terstruktur dan sistematis, khususnya pada pengembangan media pembelajaran (Septian et al., 2021). Penelitian ini tidak hanya berfokus pada pengembangan multimedia interaktif, tetapi juga pada evaluasi tingkat *usability* media pembelajaran yang dikembangkan.

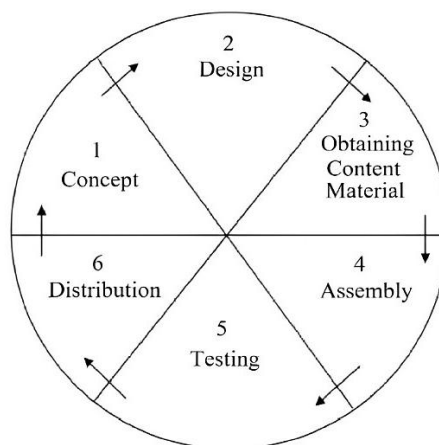
Penelitian ini dilaksanakan di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD) dengan melibatkan guru dan anak-anak tunagrahita sebagai subjek dalam penelitian. Responden dipilih berdasarkan kesesuaian mereka sebagai pengguna sasaran multimedia pembelajaran numerasi yang dikembangkan. Pada penelitian ini, multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi dikembangkan sebagai objek penelitian, sedangkan tingkat *usability* media pembelajaran tersebut dijadikan sebagai fokus evaluasi. Pengukuran *usability* dilakukan dengan menggunakan metode *Usability Metric for User Experience (UMUX)* untuk mengevaluasi tingkat kemudahan penggunaan, efektivitas, dan pengalaman pengguna saat menggunakan multimedia interaktif yang dikembangkan (Riyadi & Kurniabudi, 2023). Berdasarkan hal tersebut, hipotesis penelitian menyatakan bahwa multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi memiliki tingkat *usability* yang baik dan layak digunakan sebagai media pembelajaran numerasi bagi anak-anak tunagrahita.

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan pada tahap awal penelitian melalui observasi dan wawancara langsung dengan guru di Yayasan CIMD untuk mengidentifikasi karakteristik anak tunagrahita, dan kebutuhan anak tunagrahita sebagai acuan dasar pengembangan multimedia. Sementara itu, analisis kuantitatif digunakan untuk mengolah data hasil penilaian ahli isi

dan ahli media melalui angket berbasis persentase kelayakan, serta data hasil kuesioner pengguna dengan metode *UMUX*, di mana kuesioner ini diisi oleh 15 orang anak tunagrahita. Jumlah responden yang dipilih dalam pengujian ini didasarkan pada total sampling, di mana jumlah ini adalah jumlah keseluruhan siswa tunagrahita tingkat SD di Yayasan CIMD. Pengujian fungsionalitas multimedia interaktif dilakukan secara terintegrasi dalam proses uji validitas ahli media, yang mencakup penilaian terhadap kemudahan interaksi pengguna, ketepatan navigasi, serta kesesuaian fitur-fitur yang terdapat dalam aplikasi dengan rancangan sistem yang telah dibuat (Nur Ichsanudin et al., 2022).

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini disusun secara sistematis untuk menggambarkan alur proses pengembangan multimedia interaktif berbasis visual hewan tiga dimensi sebagai media pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita. Penelitian ini menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)* yang terdiri atas enam tahap: *concept, design, material collecting, assembly, testing, and distribution*. Gambaran tahapan penelitian menggunakan Metode MDLC ditunjukkan pada Gambar 2. Setiap tahapan saling berkaitan agar proses pengembangan multimedia dapat berjalan secara terarah serta menghasilkan media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan anak tunagrahita.



Gambar 2. Tahapan Penelitian dengan Metode MDLC (Septian et al., 2021)

2.2.1 Concept

Proses pengonsepan dilakukan sebagai tahapan awal untuk menentukan gambaran dasar multimedia interaktif yang hendak dikembangkan. Pada tahapan dilakukan indentifikasi kebutuhan pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita melalui pelaksanaan observasi dan *wawancara* secara langsung dengan guru di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD). Hasil identifikasi menyimpulkan bahwa dalam pembelajaran anak tunagrahita masih didominasi dengan metode konvensional sehingga siswa mudah kehilangan fokus saat belajar mengenal angka. Berdasarkan hasil tersebut, dirancang konsep multimedia interaktif dengan memanfaatkan hewan sebagai objek tiga dimensi yang mampu menghadirkan pembelajaran yang lebih menarik dan mudah dipahami oleh siswa.

2.2.2 Design

Tahap perancangan dilakukan sebagai bentuk terjemahan dari tahap pengonsepan awal ke dalam bentuk rancangan sistem multimedia interaktif. Pada tahap ini disusun struktur menu, navigasi aplikasi, serta *storyboard* yang menggambarkan alur penggunaan aplikasi oleh pengguna (Ariyana et al., 2022). Selain itu, pada tahapan ini juga dilakukan perancangan tampilan antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami oleh anak tunagrahita. Hasil dari tahapan ini kemudian digunakan sebagai pedoman selama proses pengembangan multimedia interaktif.

2.2.3 Material Collecting

Tahapan pengumpulan bahan merupakan tahapan yang dilakukan dengan mengumpulkan seluruh kebutuhan bahan yang akan digunakan dalam aplikasi multimedia interaktif. Dalam penelitian ini, bahan tersebut meliputi model hewan tiga dimensi, animasi hewan, audio interaktif gambar pendukung tombol aplikasi, materi numerasi dan aset lainnya. Pengumpulan bahan objek tiga dimensi dan animasi hewan dilakukan dengan memanfaatkan *software Blender* agar visual yang dihasilkan lebih menarik dan interaktif (Crowley & Gordon, 2023). Seluruh bahan yang dikumpulkan kemudian disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita.

2.2.4 Assembly

Tahapan pembuatan merupakan proses panjang untuk mengembangkan produk multimedia interaktif sesuai rancangan sebelumnya. Pada tahap ini, semua aset multimedia yang telah diperoleh sebelumnya digabungkan untuk membentuk aplikasi dengan memanfaatkan *Unity* sebagai *game engine* utama. Multimedia interaktif dirancang agar mampu menampilkan objek dan animasi tiga dimensi hewan, audio, kuis numerasi, serta sistem reward di akhir pembelajaran



untuk meningkatkan ketertarikan pengguna saat belajar. Hasil dari tahapan ini berupa multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita.

2.2.5 Testing

Tahapan pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa multimedia interaktif yang dihasilkan dapat berjalan dengan baik sesuai dengan kebutuhan. Pada tahap ini, pengujian meliputi uji validitas ahli isi, uji validitas ahli media, dan uji kepuasan pengguna menggunakan metode *Usability Metric for User Experience (UMUX)*. Data pengujian diperoleh melalui angket yang diberikan kepada guru dan anak tunagrahita yang berperan sebagai responden penelitian. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan, kemudahan penggunaan, serta pengalaman pengguna terhadap multimedia interaktif yang telah dikembangkan.

2.2.6 Distribution

Tahapan pendistribusian merupakan tahapan akhir yang dilakukan dalam proses pengembangan. Multimedia yang telah dikembangkan dan telah melewati tahap pengujian kemudian diberikan kepada guru di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD) dalam bentuk file aplikasi untuk digunakan sebagai media pembelajaran numerasi. Selain itu, aplikasi multimedia interaktif juga didistribusikan secara digital dengan mengunggah pada ITCH.IO agar dapat diakses dan digunakan dengan lebih mudah oleh pengguna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi yang dikembangkan sebagai media pendukung dalam proses belajar mengajar materi numerasi bagi anak tunagrahita tingkat SD di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD). Pengembangan media dilakukan dengan memanfaatkan *Unity* sebagai *game engine* dan dukungan *Blender* untuk pembuatan objek tiga dimensi. Multimedia yang dihasilkan mengintegrasikan berbagai komponen belajar seperti visualisasi hewan tiga dimensi, audio interaktif, kuis numerasi, serta sistem reward yang dirancang untuk meningkatkan ketertarikan siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Dengan adanya fitur-fitur tersebut, diharapkan dapat membantu anak tunagrahita memahami konsep angka secara lebih konkret dan menyenangkan. Adapun hasil dari pengembangan multimedia interaktif tersebut disajikan sebagai berikut.

3.1.1 Hasil Pengembangan Multimedia Interaktif

a. Perancangan Antarmuka Multimedia

1. Konsep Desain Antarmuka

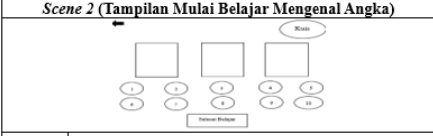
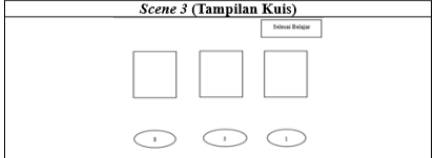
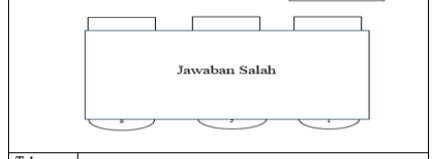
Tahap rancangan antarmuka dilakukan sebagai dasar dalam pengembangan multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi untuk pembelajaran numerasi dasar bagi anak tunagrahita. Antarmuka dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan interaksi pengguna melalui peyajian tombol berukuran besar, penggunaan warna yang menarik, serta navigasi sederhana. Perancangan ini disesuaikan dengan karakteristik anak tunagrahita yang membutuhkan tampilan visual yang mudah dikenali dan tidak terlalu kompleks. Hal ini didasarkan pada hasil observasi dan wawancara dengan guru di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD) mengenai kebutuhan pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita. Selain itu, penggunaan objek hewan tiga dimensi, audio interaktif, dan sistem umpan balik dirancang untuk membantu meningkatkan perhatian dan keterlibatan pengguna selama proses pembelajaran.

2. Storyboard Multimedia Interaktif

Pada tahap perancangan, *storyboard* digunakan sebagai acuan untuk menggambarkan alur navigasi dan tampilan multimedia interaktif yang dikembangkan. *Storyboard* memuat interaksi yang dapat dilakukan oleh pengguna dengan multimedia selama menggunakan aplikasi, urutan halaman, dan fungsi di setiap menu. Penyusunan *storyboard* bertujuan untuk memastikan seluruh kebutuhan pembelajaran numerasi dapat terakomodasi sebelum proses implementasi dilakukan. *Storyboard* yang digunakan sebagai rancangan awal multimedia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Storyboard Multimedia Interaktif

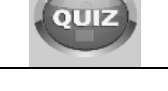
No	Gambar <i>Storyboard</i>	Keterangan
<i>Scene 1 (Tampilan Menu Utama)</i>		
Belajar Mengenal Angka		
1		<i>Storyboard</i> halaman awal multimedia pembelajaran
Teks	Judul media dan tombol pada laman awal media.	
Gambar	-	
Audio	Memuat audio latar belakang media.	

No	Gambar <i>Storyboard</i>	Keterangan
2	Scene 2 (Tampilan Mulai Belajar Mengenal Angka)  Teks: - Gambar: Tombol kembali, tombol kuis, tampilan angka, dan tombol selesai belajar Audio: Memuat audio latar belakang media, dan penyebutan angka serta berhitung angka sesuai dengan kemunculan hewan.	Storyboard halaman belajar multimedia pembelajaran
3	Scene 3 (Tampilan Kuis)  Teks: - Gambar: Tombol selesai belajar, visual hewan, dan tombol angka. Audio: Memuat audio pertanyaan berapa banyak hewan di layar.	Storyboard halaman kuis multimedia pembelajaran
4	Scene 4 (Pop-up Jawaban Benar)  Teks: - Gambar: Tombol ulang, tombol lanjut, dan tombol selesai. Audio: Memuat audio <i>sound effect</i> benar.	Storyboard pop-up kuis dengan jawaban benar multimedia pembelajaran
5	Scene 5 (Pop-up Jawaban Salah)  Teks: - Gambar: Tombol ulang, tombol lanjut, dan tombol selesai. Audio: Memuat audio <i>sound effect</i> salah.	Storyboard pop-up kuis dengan jawaban salah multimedia pembelajaran
6	Scene 6 (Laman Reward)  Teks: - Gambar: Memuat gambar bintang sebagai penghargaan, tombol belajar, dan tombol keluar. Audio: Memuat audio <i>sound effect</i> apresiasi dan sound latar belakang.	Storyboard halaman kuis multimedia pembelajaran

3. Desain Tombol

Desain tombol yang termuat dalam multimedia interaktif merupakan satu komponen penting karena berfungsi sebagai sarana navigasi antar pengguna dengan aplikasi. Pada penelitian ini, tombol dirancang dengan tampilan yang sederhana, ukuran cukup besar, warna yang mencolok, serta dilengkapi ikon dan teks yang mudah dipahami agar sesuai dengan karakteristik anak tunagrahita. Rancangan tombol yang digunakan dalam multimedia interaktif ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain Tombol Multimedia Interaktif

No	Nama Tombol	Desain	Fungsi
1	Tombol Mulai		Tombol pada laman awal aplikasi untuk memulai pembelajaran.
2	Tombol Keluar		Tombol pada laman awal aplikasi untuk keluar dari aplikasi.
3	Tombol Kembali		Tombol kembali pada laman belajar untuk kembali pada laman sebelumnya (laman awal)
4	Tombol Kuis		Tombol untuk membuka kuis pada laman belajar.

No	Nama Tombol	Desain	Fungsi
5	Contoh Tombol Angka		Tombol angka 1 untuk belajar numerasi.
6	Tombol Selesai Laman Belajar		Tombol selesai pada laman belajar dan laman kuis untuk menyelesaikan pembelajaran.
7	Tombol Selanjutnya dalam Pop-up		Tombol selanjutnya pada Pop-up jawaban benar untuk melanjutkan kuis ke soal selanjutnya.
8	Tombol kembali dalam Pop-up		Tombol kembali pada Pop-up jawaban benar untuk mengulangi soal yang sama seperti sebelumnya.
9	Tombol Selesai dalam Pop-up		Tombol selesai pada Pop-up jawaban benar untuk menyelesaikan kuis tanpa menjawab seluruh soal dalam kuis.
10	Tombol Ulangi		Tombol ulangi pada laman akhir pembelajaran untuk kembali mengulangi pembelajaran dari awal.
11	Tombol Home		Tombol <i>Home</i> pada laman akhir untuk mengarahkan pengguna ke laman awal untuk menyelesaikan rangkaian belajar.

4. Desain Navigasi

Desain navigasi dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengakses setiap fitur yang tersedia pada multimedia interaktif. Struktur navigasi dirancang sederhana dan konsisten agar anak tunagrahita sebagai sasaran dapat memahami alur penggunaan aplikasi dengan lebih mudah. Setiap laman dalam multimedia interaktif dilengkapi dengan tombol navigasi yang jelas untuk memungkinkan pengguna berpindah antarhalaman tanpa mengalami kesulitan selama proses pembelajaran.

b. Hasil Implementasi Multimedia Interaktif

Setelah tahapan perancangan telah selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah implementasi dari tahap perancangan tersebut menjadi sebuah multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi yang dikembangkan dengan memanfaatkan *Unity* sebagai *game engine* utama. Pada tahap implementasi, seluruh komponen yang telah dirancang seperti antarmuka, objek hewan tiga dimensi, audio interaktif, kuis numerasi, serta sistem reward diintegrasikan dalam satu aplikasi yang digunakan sebagai media pembelajaran numerasi bagi anak tunagrahita. Hasil implementasi ini dijelaskan sebagai berikut.

1. Hasil Implementasi Halaman Utama

Halaman utama merupakan halaman pertama yang akan ditampilkan oleh sistem ketika aplikasi mulai dijalankan. Halaman ini berfungsi sebagai pusat navigasi dari aplikasi yang bertugas untuk menghubungkan pengguna dengan seluruh fitur yang tersedia dalam multimedia interaktif. Tampilan laman utama dapat dilihat pada Gambar 3.

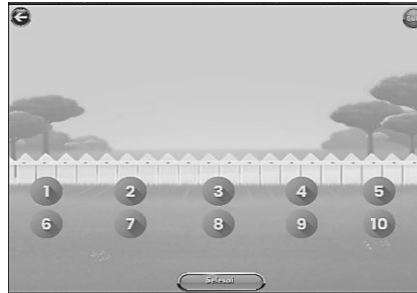


Gambar 3. Halaman Utama Multimedia Interaktif

Pada laman utama terdapat dua tombol yang dapat berfungsi sebagai navigasi untuk berpindah halaman. Tombol mulai digunakan untuk mengarahkan pengguna masuk pada laman belajar, di mana pengguna dapat belajar mengenal angka 1-10, dan tombol keluar yang berfungsi untuk mengarahkan pengguna keluar dari aplikasi. Tata letak menu dirancang secara sederhana dengan penggunaan ikon dan tombol berukuran sedang agar mudah dikenali oleh pengguna.

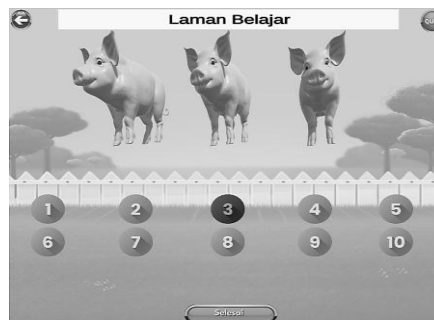
2. Hasil Implementasi Media Pembelajaran Numerasi

Halaman media pembelajaran adalah halaman yang dapat diakses oleh pengguna setelah memilih menekan tombol mulai pada laman awal. Tampilan laman awal yang muncul dalam multimedia interaktif dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Halaman Belajar Numerasi

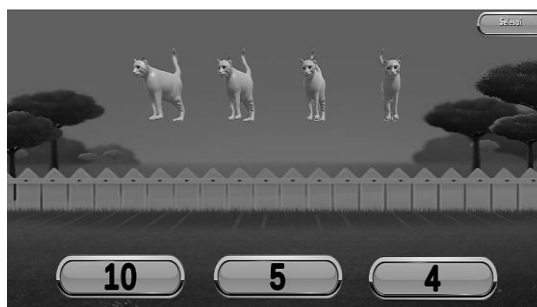
Pada halaman pembelajaran numerasi, pengguna dapat mengakses materi pengenalan angka 1-10 melalui tombol angka yang tersedia pada layar. Pada bagian kiri atas terdapat tombol kembali yang digunakan untuk kembali ke bagian laman awal, sedangkan pada bagian kanan atas terdapat tombol kuis yang berfungsi untuk melanjutkan ke laman kuis. Fitur kuis hanya dapat diakses setelah seluruh materi angka selesai dipelajari. Apabila pengguna belum menyelesaikan seluruh materi, maka sistem akan memunculkan peringatan untuk melanjutkan pembelajaran terlebih dahulu. Setiap angka yang dipilih akan menampilkan visualisasi objek hewan tiga dimensi yang ditampilkan sebagai media bantu berhitung. Jumlah objek hewan yang ditampilkan akan disesuaikan dengan angka yang dipilih, sehingga pengguna dapat menghubungkan simbol angka dengan representasi jumlah objek secara lebih konkret. Pendekatan ini dirancang untuk membantu anak tunagrahita memahami konsep numerasi dasar melalui kombinasi visualisasi tiga dimensi dan interaksi langsung. Pada bagian bawah halaman pembelajaran numerasi terdapat tombol selesai yang digunakan untuk mengakhiri sesi pembelajaran melanjutkan ke laman *reward*. Tombol ini disediakan sebagai alternatif navigasi bagi pengguna untuk menyelesaikan aktivitas belajar angka. Hasil implementasi halaman pembelajaran numerasi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Pembelajaran Numerasi Berbasis Visual Tiga Dimensi

3. Hasil Implementasi Kuis Interaktif

Fitur kuis interaksi dikembangkan sebagai saran evaluasi untuk mengukur pemahaman pengguna terhadap materi pengenalan numerasi yang telah dipelajari sebelumnya. Halaman kuis dapat diakses setelah pengguna menyelesaikan seluruh materi pembelajaran yang tersedia pada multimedia interaktif. Implementasi halaman kuis dapat dilihat pada Gambar 6.



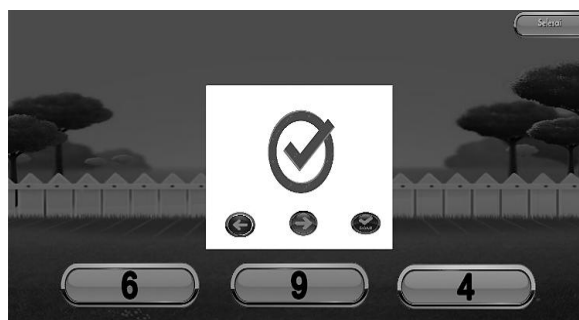
Gambar 6. Implementasi Halaman Kuis

Pada halaman kuis, pengguna akan diberikan soal yang berkaitan dengan pengenalan angka dasar dan akan diminta untuk memilih jawaban yang sesuai. Sistem akan memproses jawaban yang diberikan pengguna dengan memberikan umpan balik yang responsif dan tampil secara langsung. Umpan balik ini akan muncul dengan berupa pop-up. Apabila jawaban yang dipilih tidak sesuai, maka sistem akan memunculkan pop-up jawaban salah selama 1-2 detik, sebelum kembali mengarahkan pengguna untuk mengulang soal yang sama. Implementasi pop-up salah ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Implementasi Pop-up Jawaban Salah

Sebaliknya, apabila pengguna berhasil menjawab soal dengan jawaban benar, maka sistem akan menampilkan pop-up jawaban benar yang dilengkapi dengan beberapa pilihan navigasi. Dalam pop-up benar terdapat tombol lanjut untuk melanjutkan ke soal berikutnya, tombol kembali untuk mengulang soal yang sama, dan tombol done untuk mengakhiri seluruh aktivitas di kuis. Implementasi pop-up benar ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Implementasi Pop-up Jawaban Benar

4. Hasil Implementasi Feedback dan Reward

Setelah pengguna menyelesaikan serangkaian aktivitas pembelajaran dan menyelesaikan kuis interaktif, sistem akan menampilkan halaman *reward* yang menjadi bentuk apresiasi terhadap keterlibatan pengguna selama menggunakan multimedia interaktif. Pemberian *reward* dirancang untuk meningkatkan motivasi belajar dan mempertahankan minat pengguna dalam mengikuti proses pembelajaran. Dalam laman *reward* ini, pengguna dapat memilih tombol ulangi untuk langsung mengulangi aktivitas belajar, Sedangkan tombol *Home* untuk kembali ke laman utama dan menyelesaikan seluruh rangkaian belajar. Hasil implementasi halaman *reward* ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Implementasi Halaman Reward

3.1.2 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan dan usability multimedia interaktif yang telah dikembangkan. Tahap pengujian dilakukan dengan tiga uji, yaitu uji ahli isi, uji ahli media, dan uji respon kepuasan pengguna menggunakan metode *Usability Metric for User Experience (UMUX)*. Hasil dari pengujian ini digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kesesuaian materi, kualitas media, serta pengalaman pengguna saat menggunakan multimedia interaktif.

a. Hasil Uji Ahli Isi

Pengujian menggunakan ahli isi bertujuan untuk mengetahui dua aspek utama yaitu kualitas isi dan kesesuaian multimedia dengan tujuan pembelajaran anak tunagrahita. Pengujian ini dilakukan oleh dua orang ahli isi yang merupakan guru di Yayasan CIMD. Adapun hasil akhir dari pengujian ahli isi setelah dilakukan perhitungan ditunjukkan pada tabel

**Table 3.** Hasil Pengujian Ahli Isi

No	Ahli	Hasil	Kategori
1	Ahli 1 (P1)	91,43%	Sangat Layak
2	Ahli 2 (P2)	94,29%	Sangat Layak

Setelah melakukan rangkuman, angka tersebut diatas kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai rata-rata untuk hasil akhir dengan perhitungan berikut

$$P_{akhir} = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$$P_{akhir} = \frac{91,43\% + 94,29\%}{2} = 92,86\%$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa indeks validitas ahli isi sebesar 92,86% dengan kategori “Sangat Layak”. Hasil tersebut menunjukkan bahwa multimedia yang dikembangkan sangat layak untuk digunakan sebagai media pengenalan numerasi bagi anak tunagrahita

b. Hasil Uji Ahli Media

Pengujian ahli media bertujuan untuk mengetahui lima aspek utama yaitu, tampilan antarmuka multimedia interaktif, kemudahan interaksi pengguna dengan multimedia, kualitas multimedia interaktif, navigasi sederhana yang termuat dalam multimedia interaktif, serta tampilan visual multimedia interaktif. Pengujian ini melibatkan dua orang ahli media yang memiliki kemampuan yang tepat untuk melakukan pengujian. Hasil akhir dari jawaban kuesioner ahli media ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Ahli Media

No	Ahli	Hasil	Kategori
1	Ahli 1 (P1)	96,67%	Sangat Layak
2	Ahli 2 (P2)	83,33%	Sangat Layak

Setelah hasil dari masing-masing ahli diperoleh, dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai rata-rata untuk hasil akhir pengujian ahli media, yang dilakukan dengan rumus berikut.

$$P_{akhir} = \frac{96,67\% + 83,33\%}{2} = 90\%$$

Hasil akhir untuk uji validitas ahli media setelah dilakukan perhitungan menunjukkan angka 90%, dengan kategori “Sangat Layak”. Hasil tersebut menunjukkan bahwa multimedia yang dikembangkan sangat layak untuk digunakan sebagai media untuk membantu anak tunagrahita dalam belajar numerasi.

c. Hasil Uji Respon Kepuasan Pengguna

Uji hasil kepuasan pengguna dilakukan untuk mengetahui tingkat usability multimedia interaktif berdasarkan pengalaman pengguna selama menggunakan aplikasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Usability Metric for User Experience (UMUX)* yang melibatkan 15 orang responden yang terdiri dari guru dan anak tunagrahita sebagai responden penelitian. Hasil perhitungan *UMUX* kemudian digunakan untuk mengevaluasi tingkat kemudahan pengguna, efisiensi, serta pengalaman pengguna terhadap multimedia interaktif yang dikembangkan. Hasil pengujian *UMUX* dapat dilihat pada Tabel 5.

Table 5. Hasil Pengujian *UMUX*

Aspek	Hasil
Skor <i>UMUX</i>	84,16%
Grade	A
Kategori	Excellent

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, multimedia interaktif memperoleh skor *UMUX* sebesar 84,16% yang termasuk kategori *Excellent* dengan *Grade A*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa multimedia interaktif memiliki tingkat *usability* yang sangat baik dan mudah digunakan oleh pengguna.

3.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi sebagai media pendukung pembelajaran numerasi dasar bagi anak tunagrahita di tingkat SD. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah multimedia yang dikembangkan memiliki tingkat *usability* yang baik dan layak digunakan dalam proses pembelajaran. Hipotesis ini dibuktikan dengan melakukan tiga jenis pengujian yaitu, uji validitas ahli isi, uji validitas ahli media, dan uji kepuasan pengguna dengan menggunakan metode *UMUX*. Hasil uji validitas ahli isi memperoleh persentase kelayakan sebesar 92,86% dengan kategori sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa materi numerasi yang termuat dalam multimedia pembelajaran telah sesuai dengan tujuan pembelajaran anak tunagrahita tingkat SD di Yayasan CIMD. Sementara uji validitas ahli media menghasilkan persentase kelayakan sebesar 90% dengan kategori sangat layak, yang mengindikasikan bahwa multimedia yang dikembangkan sudah memenuhi standar yang baik untuk



penilaian tampilan antarmuka, navigasi, dan kualitas visual tiga dimensi. Temuan ini didukung oleh penelitian (Rahmatika et al., 2023) yang menyatakan bahwa visual tiga dimensi mampu menghadirkan objek pembelajaran yang lebih realistis dan interaktif. Hasil ini juga memperkuat pendapat (Nengah et al., 2022) bahwa pemanfaatan visualisasi tiga dimensi efektif membantu anak tunagrahita untuk memahami materi secara lebih konkret. Apabila dibandingkan dengan (Permitasari et al., 2022) yang belum memanfaatkan visualisasi tiga dimensi, dan penelitian (Gresilia & Kamal, 2023) yang masih menggunakan visual dua dimensi, multimedia yang dikembangkan dalam penelitian ini hadir dengan lebih lengkap karena mengintegrasikan visual tiga dimensi, audio interaktif, sistem *reward*, dan evaluasi *usability* dalam satu media pembelajaran numerasi. Integrasi sistem *reward* dalam penelitian ini dapat dijadikan sebagai pembeda utama dari penelitian (Nengah et al., 2022). Penerapan fitur *reward* didasarkan pada temuan yang dilakukan (Ketut et al., 2020) yang membuktikan bahwa pendekatan dengan sistem *reward* mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan belajar anak tunagrahita selama proses pembelajaran berlangsung. Dengan demikian, sistem *reward* tidak hanya berfungsi sebagai elemen pendukung, namun juga sebagai strategi untuk mempertahankan perhatian dan semangat belajar pengguna. Hasil pengujian kepuasan pengguna menggunakan metode *UMUX* menghasilkan skor 84,16% dengan kategori *Excellent* dan *Grade A*. Hal ini membuktikan bahwa multimedia yang dikembangkan dapat digunakan dengan baik oleh anak tunagrahita dalam proses pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Jiwa Permana et al., 2024) menegaskan bahwa metode *UMUX* merupakan instrumen yang efektif untuk melakukan evaluasi terhadap tingkat *usability* suatu aplikasi media interaktif. Selain itu, hasil penelitian (Darmawati & Darmawan, 2024) menunjukkan bahwa pemahaman tentang media pembelajaran berbasis aplikasi mampu meningkatkan pemahaman dan perhatian anak tunagrahita, dan diperkuat dengan penelitian (Diana et al., 2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis multisensori mampu meningkatkan pengalaman belajar pengguna secara lebih menyeluruh. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini membuktikan bahwa multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi yang dikembangkan telah memenuhi aspek kelayakan isi, kelayakan media, dan *usability* pengguna. Dengan karakteristik visual yang lebih konkret, dukungan audio interaktif, dan penerapan sistem *reward*, multimedia interaktif ini berpotensi menjadi alternatif media pembelajaran numerasi yang efektif untuk mendukung proses belajar anak tunagrahita.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil dikembangkan menjadi multimedia interaktif berbasis visual tiga dimensi yang dapat dimanfaatkan sebagai media ajar pengenalan numerasi dasar untuk mendukung proses pembelajaran anak tunagrahita di Yayasan Cahaya Impian Masa Depan (CIMD) dengan memanfaatkan metode *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*. Multimedia yang dikembangkan mengintegrasikan visualisasi dari hewan tiga dimensi, audio interaktif, kuis numerasi, dan sistem *reward* dalam satu aplikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa multimedia memperoleh persentase kelayakan sebesar 92,86% pada uji ahli isi dan 90% pada uji ahli media dengan kategori sangat layak, dan juga memperoleh skor *UMUX* sebesar 84,16% yang termasuk kategori *excellent (Grade A)*. Penelitian ini terbukti memberikan kontribusi dalam menyediakan media pembelajaran numerasi berbasis visual tiga dimensi yang dikembangkan sesuai dengan karakteristik anak tunagrahita dan dievaluasi dengan metode *UMUX*, sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan media pembelajaran pada pendidikan inklusi maupun lembaga pendidikan khusus. Meskipun demikian, multimedia interaktif yang dikembangkan masih terbatas pada *platform Windows*, materi angka 1 sampai 10, dan pengujian dilakukan pada lingkup yang terbatas di satu yayasan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan multimedia interaktif serupa namun tersedia dalam *platform mobile*, memperluas cakupan materi numerasi yang disajikan, serta melibatkan responden dari berbagai latar belakang agar mampu memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai penerapan multimedia pembelajaran bagi anak tunagrahita.

REFERENCES

- Al-Ishmah, Q., Kirana Aljupri, S., Romdani, A. S., Nurani, A., Guru, P., & Dasar, S. (2023). Peran Multimedia Interaktif Dalam Pembelajaran Ppkn Di Sd. *Renjana Pendidikan Dasar*, 3(1), 31.
- Ariyana, R. Y., Erma Susanti, & Prita Haryani. (2022). Rancangan Storyboard Aplikasi Pengenalan Isen-Isen Batik Berbasis Multimedia Interaktif. *Insologi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(3), 321–331.
<https://doi.org/10.55123/Insologi.V1i3.375>
- Biasa, P. L. (2025). Galaxy: Jurnal Pendidikan Mipa Dan Teknologi Dampak Penggunaan Media Pembelajaran Smart Box Terhadap Kemampuan Mengenal Angka Untuk Anak Tuna Grahita Khairunnisa 1)* , Nur Halizsah Andini 2) 1). *Jurnal Pendidikan Mipa Dan Teknologi*, 2(1).
<https://doi.org/10.59923/Galaxy.V1i1.454>
- Crowley, J., & Gordon, G. S. D. (2023). Designing And Simulating Realistic Spatial Frequency Domain Imaging Systems Using Open-Source 3d Rendering Software. *Biomedical Optics Express*.
<https://doi.org/10.1364/Boe.484286>



- Darmawati, B., & Darmawan, A. (2024). Efektivitas Media Pembelajaran Dengan Berbagai Aplikasi Untuk Meningkatkan Pengetahuan Sains Siswa Tunagrahita. *Jurnal Penelitian Tindakan Kelas*, 2(1), 09–17. <https://doi.org/10.61650/Jptk.V2i1.290>
- Diana, O., Putri, N. S., Islamiah, F., Andini, T., & Marini, A. (2022). Analisis Pengaruh Pembelajaran Menggunakan Media Interaktif Terhadap Hasil Belajar Siswa Sekolah Dasar. In *Jpdsh Jurnal Pendidikan Dasar Dan Sosial Humaniora*.
- Effendi, B. (2020). Metode Multimedia Development Life Cycle (Mdlc) Dalam Membangun Aplikasi Edukasi Covid-19 Berbasis Android Multimedia Development Life Cycle (Mdlc) Method In Building Covid-19 Educational Applications Android Based. *Teknomatika*, 10(02), 1–5.
- Gresilia, T., & Kamal, M. (2023). Penggunaan Media Gambar Dalam Pembelajaran Pai Pada Anak Berkebutuhan Khusus (Anak Tunagrahita). *Jurnal Pendidikan Sosial Humaniora*. <https://doi.org/10.30640/dewantara.v2i1.704>
- Jiwa Permana, A. A., Komang Setemen, & I Gede Made Surya Bumi Pracasitaram. (2024). Development Of Balinese Puppet Educational Game And Usability Testing Using Sus, Umux, And Umux Lite. *Conhecimento & Diversidade*, 16(43), 53–70. <https://doi.org/10.18316/Rcd.V16i43.11815>
- Mukti Herdiyanto, D., Praherdhiono, H., & Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan, J. (2020). 88-96 Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Pada Materi Tema Tanah Bagi Siswa Tunagrahita Article History. *Jktp*, 3(1). <http://journal2.um.ac.id/index.php/jktp/index>
- Ketut, I., Pradnyana, A., Made, I., Pradnyana, A., Wayan, P., Suyasa, A., Teknik, F., & Kejuruan, D. (2020). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Ppkn Untuk Siswa Tunagrahita Dengan Konsep Gamifikasi. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17(2). <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i2.25189>
- Nengah, I., Mertayasa, E., Ketut, I., & Pradnyana, A. (2022). “3d Animath”: Media Pembelajaran Animasi 3 Dimensi Matematika Untuk Siswa Penyandang Tunagrahita. *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (Karmapati)*, 11(3). <https://doi.org/10.23887/karmapati.v11i3.55072>
- Nur Faisah, S., Amien Siregar, M., Nandita, I., Auliyah, A., & Fitrah Samsuddin, A. (2023). Kesulitan Anak Berkebutuhan Khusus Tunagrahita Dalam Belajar Mengenal Angka Di Slb Bhakti Pertiwi Samarinda. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika. *Universitas Mulawarman*, 3, 34–41.
- Nur Ichsanudin, M., Yusuf, M., Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, S., Teknik Industri, J., Akprind Yogyakarta, I., & Artikel, R. (2022). Pengujian Fungsional Perangkat Lunak Sistem Informasi Perpustakaan Dengan Metode Black Box Testing Bagi Pemula Info Artikel Abstrak. *Jurnal Ilmiah Teknik Dan Ilmu Komputer*, 1(2), 1–8. <https://doi.org/10.55123>
- Permitasari, M. A., Hartono, H., & Sugito, S. (2022). Pengembangan Modul Multimedia Interaktif Pendidikan Kewirausahaan Pada Industri Rumahan Untuk Smalb Tunagrahita. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 9(1), 49–60. <https://doi.org/10.21831/Jitp.V9i1.44927>
- Rahmatika, A., Manurung, A. A., & Ramadhani, F. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Untuk Meningkatkan Empati Anak Usia Dini Dengan Metode Mdlc (Multimedia Development Life Cycle). *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(3), 122–130. <https://doi.org/10.56211/Sudo.V2i3.330>
- Riyadi, W., & Kurniabudi. (2023). Analisis Usability Aplikasi Belanja Dengan Pssuq Dan Umux. *Jurnal Ilmiah Media Sisfo*, 17(2), 240–251. <https://doi.org/10.33998/Mediasisfo.2023.17.2.811>
- Sardi, S., Anis, S., & Wijaya, B. R. (2023). Journal Of Vocational Career Education The Development Of Android-Based Scar Media Differentiated Learning Model Anti Lock Brake System Material Light Vehicle Engineering Competence Class Xii Vocational School. 1. *Sardi().Docx Jvce*, 8(2), 1–11.
- Septian, D., Fatman, Y., Nur, S., Islam, U., & Bandung, N. (2021). Implementasi Mdlc (Multimedia Development Life Cycle) Dalam Pembuatan Multimedia Pembelajaran Kitab Safinah Sunda. *Jurnal Computech & Bisnis*, 15(1), 15–24.
- Siahaan, Y., Simangunsong, F., & Turnip, H. (2023). Tantangan Dalam Mendidik Anak Penderita Tunagrahita. In *Jurnal Pendidikan Sosial Dan Humaniora* (Vol. 2, Number 4). <https://publisherqu.com/index.php/pediaqu>
- Sinaga, T. P., Hutahae, R., Tobing, R. W., & Herlina, E. (2023). Implementasi Pendidikan Bagi Anak Tunagrahita Abk Tri (1). *Jurnalpendidikan Sosial Dan Humaniora*.
- Yuwono, I., & Mirnawati, M. (2021). Strategi Pembelajaran Kreatif Dalam Pendidikan Inklusi Di Jenjang Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(4), 2015–2020. <https://doi.org/10.31004/basicedu.V5i4.1108>
- Zhang, Q. (2024). Advanced Techniques And High-Performance Computing Optimization For Real-Time Rendering. *Applied And Computational Engineering*, 90(1), 14–19. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/90/2024melb0061>