



APLIKASI *WEBAR* BERBASIS *MARKER* UNTUK VISUALISASI TENGGORAK MANUSIA TIGA DIMENSI PADA PEMBELAJARAN IPA

Muhammad Azrul Wicaksono¹, Rohman Dijaya²

^{1,2} Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
 Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia 61271
azrulwck31@gmail.com, rohmandijaya@umsida.ac.id

Abstract

Science learning requires visual media capable of explaining abstract concepts clearly, particularly in the topic of the human skeletal system. One subject that students often find difficult to understand is the structure of the human skull due to its level of complexity. This study aims to develop an Augmented Reality (AR)-based science learning medium using marker-based AR integrated into an interactive Flipbook utilizing WebAR technology. The research method employed is Research and Development (R&D) with the ADDIE development model, which encompasses the stages of analysis, design, development, implementation, and evaluation. The results indicate that the developed learning medium is capable of displaying interactive three-dimensional visualizations of the human skull through a web browser without requiring the installation of any additional applications. Functional testing and feasibility evaluation demonstrate that this learning medium is suitable for use, with a feasibility percentage of 75.94%, indicating that the medium received a positive response from users. Therefore, this WebAR-based learning medium can serve as an innovative alternative to support conceptual understanding and enhance students' learning interest in science education.

Keywords: *Augmented Reality, Marker-Based AR, Science Learning, Human Skull, WebAR*

Abstrak

Pembelajaran IPA memerlukan media visual yang mampu menjelaskan konsep-konsep abstrak secara jelas, khususnya pada materi sistem rangka manusia. Salah satu materi yang sering sulit dipahami oleh peserta didik adalah struktur tengkorak manusia karena tingkat kompleksitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran IPA berbasis *Augmented Reality* (AR) berbasis *marker* yang terintegrasi dalam Flipbook interaktif menggunakan teknologi *WebAR*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan mampu menampilkan visualisasi tengkorak manusia tiga dimensi secara interaktif melalui peramban web tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan. Pengujian fungsional dan evaluasi kelayakan menunjukkan bahwa media pembelajaran ini layak digunakan dengan persentase kelayakan sebesar 75,94%, yang menunjukkan bahwa media memperoleh respons positif dari pengguna. Dengan demikian, media pembelajaran berbasis *WebAR* ini dapat menjadi alternatif inovatif untuk mendukung pemahaman konsep serta meningkatkan minat belajar peserta didik dalam pembelajaran IPA.

Kata kunci: *Augmented Reality, Marker-Based AR, Pembelajaran IPA, Tengkorak Manusia, WebAR*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang pendidikan. Transformasi digital mendorong pendidik untuk tidak hanya mengandalkan metode pembelajaran konvensional, tetapi juga memanfaatkan teknologi sebagai media pendukung pembelajaran yang lebih interaktif dan inovatif. Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran diharapkan mampu meningkatkan kualitas

proses belajar mengajar, khususnya dalam membantu peserta didik memahami materi yang bersifat abstrak dan kompleks[1].

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan salah satu mata pelajaran yang menuntut pemahaman konsep secara mendalam, baik secara teoritis maupun visual. Banyak materi IPA yang berkaitan dengan struktur dan fungsi objek nyata[2], seperti sistem organ dan rangka

manusia. Salah satu materi yang sering mengalami kendala dalam proses pembelajaran adalah struktur rangka manusia, khususnya tengkorak. Struktur tengkorak memiliki bentuk yang kompleks dengan banyak bagian tulang yang saling berhubungan, sehingga sulit dipahami apabila hanya disajikan melalui media gambar dua dimensi pada buku teks konvensional. Kondisi ini dapat menyebabkan peserta didik kurang tertarik dan mengalami kesulitan dalam memahami konsep yang disampaikan[3][4][5].

Pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) menjadi salah satu solusi inovatif yang dapat diterapkan dalam pembelajaran IPA. Teknologi AR mampu menggabungkan objek virtual tiga dimensi dengan lingkungan nyata secara *real-time*, sehingga peserta didik dapat melihat dan berinteraksi langsung dengan objek pembelajaran secara visual. Dengan AR, objek yang sebelumnya hanya dapat dibayangkan melalui gambar statis dapat ditampilkan secara lebih realistis dan interaktif. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran dapat meningkatkan minat belajar, motivasi, serta pemahaman konsep peserta didik[6].

Namun demikian, penggunaan teknologi AR berbasis aplikasi masih memiliki beberapa keterbatasan. Umumnya, aplikasi AR memerlukan proses instalasi perangkat lunak khusus yang tidak selalu kompatibel dengan semua perangkat. Selain itu, keterbatasan kapasitas penyimpanan dan spesifikasi perangkat juga menjadi kendala, terutama di lingkungan sekolah dengan fasilitas teknologi yang beragam. Hal ini menyebabkan pemanfaatan AR belum dapat diimplementasikan secara optimal di semua satuan pendidikan[7][8][9].

Sebagai alternatif dari keterbatasan tersebut, *Web-based Augmented Reality* (WebAR) hadir sebagai solusi yang lebih fleksibel dan mudah diakses. WebAR memungkinkan pengguna mengakses fitur AR langsung melalui peramban web tanpa perlu memasang aplikasi tambahan. Dengan memanfaatkan teknologi web[10][11][12], WebAR dapat digunakan pada berbagai perangkat yang memiliki kamera dan koneksi internet. Integrasi WebAR berbasis *marker* ke dalam Flipbook interaktif menjadikan media pembelajaran tidak hanya bersifat digital, tetapi juga interaktif dan kontekstual. Flipbook interaktif berfungsi sebagai media penyajian materi, sedangkan *marker* digunakan sebagai pemicu untuk menampilkan objek tiga dimensi ketika dipindai.

Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan efektif bagi peserta didik. Visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk model 3D memungkinkan peserta didik mengamati struktur tengkorak dari berbagai sudut pandang[1], sehingga pemahaman konsep dapat meningkat secara signifikan. Selain itu, penggunaan WebAR berbasis *marker* dalam Flipbook interaktif juga mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* berbasis *marker* menggunakan teknologi WebAR sebagai media pembelajaran IPA yang menampilkan visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk model tiga dimensi pada Flipbook interaktif. Pengembangan media pembelajaran ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi yang inovatif, mudah diakses, dan efektif dalam mendukung proses pembelajaran IPA di sekolah, serta mampu meningkatkan pemahaman konsep dan minat belajar peserta didik[3].

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) dengan tujuan menghasilkan media pembelajaran berupa aplikasi *Web-based Augmented Reality* (WebAR) berbasis *marker* yang digunakan untuk memvisualisasikan struktur tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi. Pendekatan penelitian ini dipilih karena berorientasi pada proses sistematis dalam merancang, mengembangkan, serta mengevaluasi suatu produk pembelajaran yang dapat dimanfaatkan secara langsung dalam kegiatan belajar mengajar.

Metode R&D memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, merancang solusi yang sesuai, serta melakukan pengujian terhadap produk yang dikembangkan agar sesuai dengan tujuan pembelajaran. Dalam konteks pembelajaran IPA, pendekatan ini sangat relevan karena materi yang disajikan memerlukan media visual yang interaktif dan kontekstual. Pengembangan aplikasi WebAR berbasis *marker* diharapkan mampu menjembatani keterbatasan media pembelajaran konvensional yang masih bersifat dua dimensi[13][14][15].

Selain itu, pendekatan R&D memberikan kesempatan untuk melakukan evaluasi dan penyempurnaan produk berdasarkan umpan balik pengguna. Proses evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan memiliki tingkat kelayakan, kemudahan penggunaan, serta efektivitas dalam membantu peserta didik memahami materi struktur tengkorak manusia. Dengan demikian, penggunaan pendekatan penelitian dan pengembangan ini diharapkan dapat menghasilkan media pembelajaran yang inovatif, praktis, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran IPA di sekolah[16].

2.1 Model Pengembangan

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model ADDIE yang terdiri dari lima tahapan utama, yaitu *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Model ADDIE dipilih karena memiliki alur pengembangan yang sistematis, terstruktur, dan mudah diterapkan dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi. Setiap tahapan dalam model ADDIE saling berkaitan dan mendukung proses pengembangan produk pembelajaran secara berkelanjutan.

Pada tahap *Analysis*, dilakukan analisis kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, serta permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran IPA, khususnya pada materi struktur tengkorak manusia. Tahap *Design* difokuskan pada perancangan media pembelajaran, meliputi desain antarmuka Flipbook interaktif, perancangan *marker*, serta perencanaan visualisasi objek tengkorak manusia dalam bentuk model tiga dimensi. Selanjutnya, pada tahap *Development*, media pembelajaran dikembangkan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, termasuk pembuatan objek 3D, pengembangan aplikasi WebAR, dan integrasi sistem ke dalam Flipbook interaktif.

Tahap *Implementation* dilakukan dengan menerapkan media pembelajaran yang telah dikembangkan pada lingkungan pembelajaran untuk melihat keterlaksanaan penggunaan media tersebut. Tahap terakhir, yaitu *Evaluation*, bertujuan untuk menilai kualitas, kelayakan, dan efektivitas media pembelajaran berdasarkan hasil pengujian dan umpan balik pengguna. Dengan penerapan model ADDIE, pengembangan media pembelajaran ini diharapkan dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan mendukung proses pembelajaran IPA secara optimal.[17][18][19].

2.1.1 Analysis

Tahap analisis merupakan tahap awal dalam model pengembangan ADDIE yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran, karakteristik peserta didik, serta permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), khususnya pada materi struktur tengkorak manusia. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi terkait kondisi pembelajaran yang berlangsung, metode pembelajaran yang digunakan, serta media pembelajaran yang selama ini diterapkan oleh pendidik.

Analisis karakteristik peserta didik meliputi tingkat pemahaman awal, gaya belajar, serta minat belajar terhadap materi IPA. Hasil analisis menunjukkan bahwa peserta didik membutuhkan media pembelajaran yang mampu menyajikan materi secara visual dan interaktif agar konsep yang bersifat abstrak dapat lebih mudah dipahami. Selain itu, ditemukan bahwa penggunaan media pembelajaran konvensional, seperti buku teks dan gambar dua dimensi, masih belum optimal dalam membantu peserta didik memahami struktur tengkorak manusia secara menyeluruh.

Tahap analisis juga mencakup kajian terhadap kurikulum yang berlaku serta kompetensi dasar yang harus dicapai dalam pembelajaran IPA. Kajian ini dilakukan untuk memastikan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan selaras dengan tujuan pembelajaran dan standar kompetensi yang ditetapkan. Dengan demikian, hasil tahap analisis menjadi dasar dalam merancang media pembelajaran berbasis *WebAR* yang sesuai dengan kebutuhan pembelajaran IPA dan karakteristik peserta didik.

2.1.2 Design

Pada tahap perancangan (*Design*), dilakukan penyusunan desain media pembelajaran secara menyeluruh berdasarkan hasil analisis kebutuhan pada tahap sebelumnya. Perancangan media pembelajaran meliputi desain *marker* sebagai pemicu munculnya objek *Augmented Reality*, perancangan model objek tiga dimensi tengkorak manusia, serta perancangan alur interaksi pengguna dalam Flipbook interaktif berbasis *WebAR*. *Marker* dirancang dengan pola visual yang jelas dan mudah dikenali oleh sistem agar proses pendeteksian dapat berjalan secara optimal.

Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan perancangan model objek 3D tengkorak manusia yang disesuaikan dengan materi pembelajaran IPA. Model 3D dirancang sedemikian rupa agar mampu menampilkan bentuk dan bagian-bagian tengkorak secara proporsional dan informatif. Perancangan alur interaksi pengguna difokuskan pada kemudahan akses fitur *WebAR*, mulai dari membuka Flipbook, mengakses halaman AR, hingga memindai *marker* untuk menampilkan objek 3D.

Tahap perancangan juga mencakup penyusunan struktur antarmuka dan navigasi media pembelajaran. Antarmuka dirancang sederhana, intuitif, dan ramah pengguna agar peserta didik dapat menggunakan media pembelajaran secara mandiri. Navigasi yang jelas diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan pengguna serta mendukung efektivitas pembelajaran IPA berbasis teknologi *WebAR*.

2.1.3 Development

Tahap pengembangan (*Development*) merupakan tahap implementasi dari rancangan media pembelajaran yang telah disusun pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan pembuatan model tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi yang disesuaikan dengan materi pembelajaran IPA. Model 3D dikembangkan dengan memperhatikan aspek visual, proporsi, dan kejelasan bentuk agar setiap bagian tengkorak dapat diamati dengan baik oleh peserta didik.

Selain pembuatan objek 3D, pada tahap ini juga dilakukan pengembangan aplikasi *Web-based Augmented Reality (WebAR)* berbasis *marker* menggunakan teknologi web. Pengembangan aplikasi dilakukan dengan memanfaatkan bahasa pemrograman dan pustaka pendukung AR berbasis web untuk mengatur proses pendeteksian *marker*, pemanggilan objek 3D, serta penyesuaian tampilan objek pada layar perangkat pengguna. Selanjutnya, media AR yang telah dikembangkan diintegrasikan ke dalam Flipbook interaktif sehingga dapat diakses secara langsung melalui peramban web.

Pada tahap pengembangan ini juga dilakukan pengujian fungsional untuk memastikan seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai dengan yang dirancang. Pengujian difokuskan pada

kemampuan sistem dalam mendeteksi *marker*, menampilkan objek tengkorak manusia 3D secara stabil, serta memastikan interaksi pengguna dapat berjalan dengan baik. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa objek 3D dapat ditampilkan dengan baik ketika *marker* dipindai, sehingga media pembelajaran siap untuk digunakan pada tahap berikutnya.

2.1.4 Implementation

Tahap implementasi (*Implementation*) dilakukan dengan menerapkan media pembelajaran yang telah dikembangkan pada lingkungan pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Pada tahap ini, media pembelajaran berupa Flipbook interaktif berbasis *WebAR* digunakan secara langsung oleh peserta didik dalam proses pembelajaran. Peserta didik mengakses Flipbook melalui peramban web menggunakan perangkat yang tersedia, seperti *smartphone* atau komputer yang dilengkapi dengan kamera.

Dalam pelaksanaannya, peserta didik diarahkan untuk membuka halaman materi yang telah disediakan di dalam Flipbook interaktif. Selanjutnya, peserta didik memindai *marker* yang terdapat pada halaman tertentu untuk menampilkan visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi. Objek 3D yang muncul dapat diamati secara langsung, sehingga peserta didik dapat memahami bentuk dan struktur tengkorak manusia dengan lebih jelas dan realistis.

Tahap implementasi juga bertujuan untuk mengamati keterlaksanaan penggunaan media pembelajaran dalam situasi pembelajaran yang sebenarnya. Pengamatan dilakukan terhadap kemudahan penggunaan media, respons peserta didik, serta keterlibatan mereka selama proses pembelajaran berlangsung. Hasil dari tahap implementasi ini digunakan sebagai bahan evaluasi awal untuk mengetahui efektivitas media pembelajaran dan mengidentifikasi kendala yang mungkin muncul selama penggunaan media berbasis *WebAR* dalam pembelajaran IPA[20].

2.1.5 Evaluation

Tahap evaluasi (*Evaluation*) bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan dan efektivitas media pembelajaran yang telah dikembangkan. Evaluasi dilakukan setelah media pembelajaran berbasis *WebAR* diterapkan pada proses pembelajaran IPA. Pada tahap ini, penilaian difokuskan pada sejauh mana media pembelajaran mampu mendukung pemahaman peserta didik terhadap materi struktur tengkorak manusia serta kemudahan penggunaan media tersebut.

Proses evaluasi dilakukan melalui pengujian penggunaan media dan pengumpulan umpan balik dari pengguna, yang meliputi peserta didik dan pendidik. Instrumen evaluasi yang digunakan berupa angket penilaian yang mencakup beberapa aspek, seperti tampilan media, kejelasan materi,

kemudahan navigasi, interaktivitas, dan manfaat media dalam pembelajaran. Selain itu, dilakukan pula pengamatan langsung selama proses penggunaan media untuk mengetahui respons dan keterlibatan peserta didik.

Hasil evaluasi digunakan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan media pembelajaran yang dikembangkan[21][22][23]. Masukan dan saran dari pengguna menjadi dasar dalam melakukan perbaikan dan penyempurnaan media pembelajaran agar lebih sesuai dengan kebutuhan pembelajaran IPA. Dengan adanya tahap evaluasi ini, diharapkan media pembelajaran berbasis *WebAR* yang dikembangkan memiliki kualitas yang baik, layak digunakan, serta efektif sebagai media pendukung pembelajaran.

2.2 Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini meliputi peserta didik dan pendidik yang terlibat secara langsung dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada materi struktur rangka manusia. Pemilihan subjek penelitian ini bertujuan untuk memperoleh penilaian yang komprehensif terhadap media pembelajaran yang dikembangkan, baik dari sisi pengguna utama maupun dari perspektif pendidik sebagai fasilitator pembelajaran.

Peserta didik dipilih sebagai subjek penelitian karena mereka merupakan pengguna utama media pembelajaran berbasis *WebAR*. Penilaian dari peserta didik difokuskan pada aspek kemudahan penggunaan media, kejelasan penyajian materi, tingkat interaktivitas, serta daya tarik visual dari media pembelajaran. Sementara itu, pendidik dilibatkan untuk memberikan penilaian terkait kesesuaian media dengan tujuan pembelajaran, keterpaduan materi dengan kurikulum, serta potensi media dalam mendukung proses pembelajaran IPA di kelas.

Pemilihan subjek dilakukan secara *purposive*, dengan mempertimbangkan keterlibatan langsung subjek dalam pembelajaran IPA dan kemampuan menggunakan perangkat digital. Data yang diperoleh dari subjek penelitian digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menilai kelayakan dan efektivitas media pembelajaran yang dikembangkan. Dengan melibatkan peserta didik dan pendidik, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan media pembelajaran yang tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan pembelajaran IPA di sekolah.[24].

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dirancang untuk memperoleh data yang komprehensif terkait proses pengembangan, implementasi, serta evaluasi media pembelajaran berbasis *WebAR*. Teknik pengumpulan data yang digunakan meliputi observasi, angket, dan dokumentasi. Penggunaan beberapa teknik pengumpulan data bertujuan untuk memperoleh data yang akurat dan saling melengkapi, sehingga hasil penelitian dapat

menggambarkan kondisi penggunaan media pembelajaran secara objektif.

Observasi dilakukan untuk melihat secara langsung proses penggunaan media pembelajaran berbasis *WebAR* dalam kegiatan pembelajaran IPA. Melalui observasi, peneliti mengamati bagaimana peserta didik berinteraksi dengan Flipbook interaktif, cara mereka memindai *marker*, serta respons yang ditunjukkan selama penggunaan media pembelajaran. Aspek yang diamati meliputi kemudahan penggunaan media, keterlibatan peserta didik, serta kendala teknis yang mungkin muncul selama proses pembelajaran berlangsung. Hasil observasi digunakan untuk mengetahui tingkat keterlaksanaan media pembelajaran dalam situasi pembelajaran yang sebenarnya.

Selain observasi, teknik pengumpulan data dalam penelitian ini juga dilakukan melalui angket. Angket digunakan untuk memperoleh penilaian dari pengguna terhadap media pembelajaran yang dikembangkan. Responden dalam penelitian ini berjumlah 20 orang, yang terdiri dari mahasiswa dan dosen yang memberikan penilaian terhadap media pembelajaran yang telah dikembangkan.

Angket disusun menggunakan skala *Likert* dengan empat pilihan jawaban, yaitu sangat tidak setuju, tidak setuju, setuju, dan sangat setuju, dengan rentang skor 1 sampai 4. Instrumen angket digunakan untuk mengukur beberapa aspek penilaian, meliputi tampilan media, kejelasan materi, interaktivitas, kemudahan navigasi, serta manfaat media dalam mendukung pembelajaran IPA.

Data yang diperoleh dari angket kemudian dianalisis secara kuantitatif menggunakan teknik analisis persentase untuk mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran. Persentase kelayakan dihitung dengan membandingkan jumlah skor yang diperoleh dengan skor maksimum yang mungkin dicapai, sehingga dapat diketahui kategori kelayakan media yang dikembangkan.

Teknik dokumentasi digunakan untuk merekam seluruh proses pengembangan dan implementasi media pembelajaran. Dokumentasi meliputi hasil perancangan media, tampilan Flipbook interaktif, *marker* yang digunakan, visualisasi objek 3D tengkorak manusia, serta aktivitas penggunaan media selama pembelajaran berlangsung. Dokumentasi juga mencakup catatan hasil pengujian fungsional dan umpan balik pengguna. Data dokumentasi berfungsi sebagai bukti pendukung penelitian serta memperkuat hasil analisis yang diperoleh dari observasi dan angket.

Dengan mengombinasikan teknik observasi, angket, dan dokumentasi, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan data yang valid dan reliabel. Data yang terkumpul digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kualitas, kelayakan, dan efektivitas media pembelajaran berbasis *WebAR* yang dikembangkan. Pendekatan pengumpulan data ini diharapkan dapat memberikan

gambaran yang menyeluruh mengenai penerapan media pembelajaran dalam pembelajaran IPA serta kontribusinya terhadap peningkatan pemahaman peserta didik.

2.4 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari penyebaran kuesioner kepada responden berupa data kuantitatif dalam bentuk skor penilaian terhadap media pembelajaran yang dikembangkan. Penilaian tersebut meliputi beberapa aspek, seperti aspek tampilan media, kemudahan penggunaan, kejelasan materi, serta kebermanfaatan media dalam mendukung proses pembelajaran IPA.

Setiap pernyataan dalam kuesioner menggunakan skala penilaian tertentu sehingga menghasilkan skor dari masing-masing responden. Skor yang diperoleh kemudian diolah menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dengan menghitung total skor dari seluruh responden pada setiap butir pernyataan.

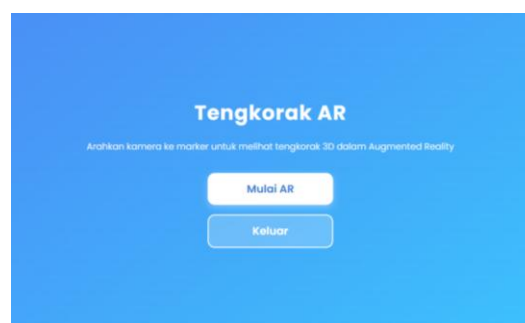
Tabel 1. Persentase

Persentase	Kategori
81–100%	Sangat Layak
61–80%	Layak
41–60%	Cukup
21–40%	Tidak Layak

Selanjutnya, total skor tersebut dibandingkan dengan skor maksimal yang mungkin diperoleh, kemudian dihitung dalam bentuk persentase untuk mengetahui tingkat penilaian responden terhadap media pembelajaran seperti yang terlihat di Tabel 1. Hasil persentase yang diperoleh digunakan untuk menentukan kategori kelayakan media berdasarkan kriteria penilaian yang telah ditetapkan. Melalui analisis ini dapat diketahui tingkat penerimaan dan penilaian responden terhadap media pembelajaran IPA yang dikembangkan[25].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengembangan Media Pembelajaran



Gambar 1. Tampilan Halaman Utama *WebAR*

Penelitian ini menghasilkan sebuah media pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berbasis *Web Augmented Reality* (WebAR) dengan metode *marker-based* yang

terintegrasi dalam Flipbook interaktif. Media pembelajaran ini dirancang khusus untuk membantu peserta didik dalam memahami materi struktur tengkorak manusia melalui visualisasi objek tiga dimensi yang realistis dan interaktif. Penggunaan teknologi *WebAR* memungkinkan media ini diakses secara langsung melalui peramban web tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan, sehingga lebih praktis dan mudah digunakan pada berbagai perangkat, seperti *smartphone*, tablet, maupun laptop.

Flipbook interaktif berperan sebagai media utama dalam penyajian materi pembelajaran. Flipbook ini dirancang menyerupai buku digital yang dapat dibuka secara interaktif, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dibandingkan dengan buku teks konvensional. Di dalam Flipbook interaktif terdapat materi pembelajaran yang disusun secara sistematis, meliputi teks penjelasan mengenai struktur tengkorak manusia, gambar pendukung, serta ilustrasi yang relevan dengan kompetensi pembelajaran IPA. Selain itu, Flipbook juga dilengkapi dengan halaman khusus yang berfungsi sebagai akses menuju fitur *augmented reality*.

Pada Gambar 1, peserta didik dapat memindai *marker* menggunakan kamera perangkat yang tersedia. Ketika *marker* berhasil dipindai, sistem *WebAR* secara otomatis menampilkan model tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi yang muncul secara *real-time* di layar perangkat. Model 3D ini dirancang dengan tingkat detail yang cukup baik untuk menunjukkan bagian-bagian utama tengkorak manusia, sehingga peserta didik dapat mengamati struktur tengkorak dari berbagai sudut pandang. Interaksi ini memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret dan visual, yang sulit diperoleh melalui media pembelajaran dua dimensi.

Keunggulan media pembelajaran ini terletak pada kemampuannya menggabungkan teknologi *augmented reality* dengan Flipbook interaktif, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih inovatif dan kontekstual. Peserta didik tidak hanya membaca materi, tetapi juga dapat berinteraksi langsung dengan objek pembelajaran melalui visualisasi 3D. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan minat belajar, pemahaman konsep, serta daya ingat peserta didik terhadap materi struktur rangka manusia, khususnya tengkorak.

Selain itu, penggunaan *WebAR* berbasis *marker* dinilai sesuai dengan kebutuhan pembelajaran masa kini yang menuntut pemanfaatan teknologi digital secara efektif. Media pembelajaran ini juga mendukung pembelajaran mandiri, karena peserta didik dapat mengakses materi kapan saja dan di mana saja selama terhubung dengan jaringan internet. Dengan demikian, media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang inovatif, interaktif, dan relevan untuk digunakan dalam proses pembelajaran IPA di sekolah.

3.2 Visualisasi Objek Tengkorak Manusia 3D

Pada Gambar 2, model tengkorak manusia yang digunakan dalam aplikasi pembelajaran ini ditampilkan dalam bentuk objek tiga dimensi (3D) yang dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan realistis bagi peserta didik. Model 3D tersebut dapat diamati dari berbagai sudut pandang, seperti tampak depan, samping, atas, dan sudut lainnya, sehingga pengguna dapat memahami bentuk dan struktur tengkorak manusia secara menyeluruh. Kemampuan untuk memutar dan mengamati objek dari berbagai arah memungkinkan peserta didik memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai susunan tulang tengkorak dan keterkaitan antar bagian tulang.

Visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk tiga dimensi memberikan keunggulan yang signifikan dibandingkan dengan media pembelajaran dua dimensi yang umumnya hanya menampilkan gambar statis. Pada media dua dimensi, peserta didik sering mengalami kesulitan dalam membayangkan bentuk ruang dan kedalaman objek, terutama pada materi yang memiliki struktur kompleks seperti tengkorak manusia. Dengan adanya model 3D, peserta didik dapat melihat bentuk tengkorak secara lebih nyata dan proporsional, sehingga membantu proses pemahaman konsep anatomi secara lebih mendalam.

Selain itu, penggunaan objek 3D memungkinkan peserta didik untuk mengamati detail bagian-bagian tengkorak, seperti tulang frontal, parietal, temporal, dan oksipital, secara lebih jelas. Melalui visualisasi ini, peserta didik dapat memahami posisi, ukuran relatif, serta hubungan antar bagian tulang yang membentuk tengkorak manusia. Hal ini sangat penting dalam pembelajaran IPA, karena pemahaman terhadap struktur anatomi tidak hanya membutuhkan hafalan, tetapi juga pemahaman spasial yang baik.

Interaksi langsung dengan objek 3D juga memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif. Peserta didik tidak hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi juga sebagai pengguna yang mengeksplorasi materi pembelajaran secara mandiri. Dengan memutar, memperbesar, dan mengamati model tengkorak dari berbagai sudut, peserta didik dapat menyesuaikan proses belajar sesuai dengan kebutuhan dan tingkat pemahamannya masing-masing. Pendekatan ini sejalan dengan konsep pembelajaran berbasis teknologi yang menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses belajar.

Lebih lanjut, visualisasi tiga dimensi ini sangat membantu dalam menjelaskan hubungan antar bagian tulang tengkorak yang sulit dipahami apabila hanya disajikan melalui gambar dua dimensi. Struktur tengkorak yang saling berhubungan dan memiliki bentuk yang kompleks dapat divisualisasikan secara lebih jelas, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya miskonsepsi. Dengan demikian, penggunaan model tengkorak manusia 3D dalam media pembelajaran

berbasis *WebAR* ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas pembelajaran IPA, khususnya pada materi struktur rangka manusia, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, efektif, dan bermakna bagi peserta didik.



Gambar 2. Visualisasi Objek Tengkorak Manusia 3D pada Fitur *WebAR*

3.3 Implementasi *Marker-Based WebAR*

Implementasi teknologi *Web-based Augmented Reality (WebAR)* dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *marker-based* sebagai pemicu utama untuk menampilkan objek tiga dimensi. *Marker* berfungsi sebagai penanda visual yang dirancang secara khusus agar mudah dikenali oleh sistem *WebAR*. Pola visual pada *marker* disusun dengan kontras yang jelas dan bentuk yang khas, sehingga kamera perangkat dapat mendeteksi *marker* secara akurat dan cepat. Pemilihan *marker* yang tepat menjadi faktor penting dalam memastikan stabilitas dan kejelasan visualisasi objek 3D yang ditampilkan.

Pada Gambar 3, ketika kamera pada perangkat pengguna diarahkan ke *marker* yang terdapat pada halaman Flipbook interaktif, sistem *WebAR* secara otomatis melakukan proses pemindaian dan pengenalan *marker*. Setelah *marker* berhasil terdeteksi, sistem akan memunculkan objek tengkorak manusia dalam bentuk model 3D tepat di atas *marker* tersebut secara *real-time*. Proses ini berlangsung tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan, karena seluruh mekanisme dijalankan melalui peramban web yang mendukung teknologi *WebAR*. Hal ini memberikan kemudahan akses bagi pengguna, baik peserta didik maupun pendidik, dalam memanfaatkan media pembelajaran yang dikembangkan.

Objek tengkorak manusia 3D yang ditampilkan bersifat interaktif dan responsif terhadap pergerakan *marker*. Ketika *marker* digerakkan atau diposisikan dari sudut tertentu, objek 3D akan menyesuaikan tampilannya secara otomatis sesuai dengan posisi dan orientasi *marker*. Fitur ini memberikan pengalaman visual yang lebih dinamis dan realistis, sehingga peserta didik dapat mengamati struktur tengkorak manusia dari berbagai sudut pandang secara langsung. Interaksi semacam ini diharapkan mampu meningkatkan ketertarikan dan fokus peserta didik selama proses pembelajaran.

Selain itu, penggunaan *marker* dalam implementasi *WebAR* juga berkontribusi terhadap kestabilan tampilan objek 3D. *Marker-based WebAR* relatif lebih stabil dibandingkan dengan metode *markerless*, terutama pada perangkat dengan spesifikasi menengah. Dengan demikian, objek tengkorak manusia 3D dapat ditampilkan dengan posisi yang konsisten dan minim gangguan visual. Hal ini sangat penting dalam konteks pembelajaran, karena kestabilan visualisasi berpengaruh terhadap kenyamanan dan efektivitas proses belajar.

Secara keseluruhan, implementasi *WebAR* berbasis *marker* dalam penelitian ini menunjukkan potensi yang besar sebagai media pembelajaran interaktif. Dengan memanfaatkan *marker* sebagai pemicu munculnya objek 3D, peserta didik dapat mempelajari struktur tengkorak manusia secara lebih konkret dan kontekstual. Integrasi teknologi *WebAR* dengan Flipbook interaktif tidak hanya memperkaya tampilan visual materi pembelajaran, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang lebih inovatif, mudah diakses, dan sesuai dengan perkembangan teknologi digital di bidang pendidikan[3].

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *marker* dapat dikenali dengan baik pada kondisi pencahayaan normal. Objek 3D ditampilkan secara stabil dan responsif terhadap pergerakan *marker*. Hal ini menunjukkan bahwa metode *marker-based* yang digunakan cukup efektif untuk diterapkan dalam pembelajaran IPA berbasis *WebAR*.



Gambar 3. *Marker* yang digunakan sebagai Pemicu Objek 3D

3.5 Implementasi Kode Program

Pengembangan aplikasi *Web-based Augmented Reality (WebAR)* dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan teknologi web yang didukung oleh pemrograman berbasis JavaScript. Pemilihan JavaScript didasarkan pada fleksibilitas dan kompatibilitasnya dengan berbagai peramban web modern, sehingga aplikasi *WebAR* yang dikembangkan dapat diakses secara luas tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan. Teknologi ini memungkinkan integrasi fitur *Augmented Reality* secara langsung ke dalam lingkungan web, yang selaras dengan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* dengan metode *marker-based* berhasil dikembangkan dan diimplementasikan dengan baik. Media ini mampu menampilkan visualisasi tengkorak manusia dalam bentuk objek tiga dimensi yang interaktif dan dapat diakses melalui peramban web tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan.

Integrasi *WebAR* memberikan kemudahan bagi peserta didik dalam memahami materi struktur tengkorak manusia yang bersifat kompleks. Visualisasi objek tiga dimensi yang dihasilkan mampu meningkatkan ketertarikan serta membantu pemahaman pengguna terhadap materi pembelajaran IPA dibandingkan dengan penggunaan media dua dimensi konvensional.

Berdasarkan hasil penyebaran angket kepada 20 responden, diperoleh persentase kelayakan sebesar 75,94%, yang termasuk dalam kategori layak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan memperoleh respons positif dari pengguna. Dengan demikian, media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* dengan metode *marker-based* pada Flipbook interaktif memiliki potensi untuk digunakan sebagai alternatif media pembelajaran inovatif yang mendukung pembelajaran IPA berbasis teknologi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa media pembelajaran IPA berbasis *WebAR* dengan metode *marker-based* memiliki tingkat kelayakan sebesar 75,94% dan termasuk dalam kategori layak digunakan dalam proses pembelajaran. Secara praktis, penggunaan teknologi *WebAR* dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang mampu meningkatkan ketertarikan peserta didik terhadap materi IPA, khususnya pada materi struktur tengkorak manusia. Visualisasi objek tiga dimensi yang dapat ditampilkan melalui pemindaian *marker* memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dibandingkan media pembelajaran konvensional.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya. Pertama, penelitian selanjutnya dapat melibatkan jumlah responden yang lebih besar serta melibatkan peserta didik secara langsung dalam proses uji coba untuk memperoleh hasil evaluasi yang lebih komprehensif. Kedua, pengembangan media pembelajaran berbasis *WebAR* dapat diperluas pada materi IPA lainnya agar pemanfaatan teknologi ini dapat memberikan dampak yang lebih luas dalam proses pembelajaran. Ketiga, penelitian selanjutnya dapat mengkaji efektivitas penggunaan media pembelajaran berbasis *WebAR* terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik melalui metode eksperimen atau *quasi-experimental*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang konstruktif sejak tahap perencanaan hingga penyusunan artikel ini. Seluruh dukungan dan kontribusi dari berbagai pihak sangat membantu dalam kelancaran serta penyempurnaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hidayat and A. Mujahiduddien, "Pembelajaran Bentuk Sendi Tulang Manusia Seri Pendidikan," *J. Siliwangi*, vol. 3, no. 1, pp. 204–208, 2017.
- [2] A. Paliling and A. Syam, "Aplikasi Augmented Reality Pembelajaran Kerangka Manusia Berbasis Android," *e-Jurnal JUSITI (Jurnal Sist. Inf. dan Teknol. Informasi)*, vol. 9, no. 1, pp. 65–76, 2020, doi: 10.36774/jusiti.v9i1.644.
- [3] R. P. Anggara, P. Musa, S. Lestari, and S. Widodo, "Application of Electronic Learning by Utilizing Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) Methods in Natural Sciences Subjects (IPA) in Elementary School Students Grade 3," *JTP - J. Teknol. Pendidik.*, vol. 23, no. 1, pp. 58–69, 2021, doi: 10.21009/jtp.v23i1.20203.
- [4] S. W. Nurdin and I. F. Nugraha, "Ancaman Deepfake Dan Disinformasi Berbasis Ai: Implikasi Terhadap Keamanan Siber Dan Stabilitas Nasional Indonesia," *JIMR J. Int. Multidiscip. Res.*, vol. 4, no. 1, p. 73, 2025.
- [5] A. Jakaria, S. Mu'minah, D. Riana, and S. Hadianti, "Klasifikasi Varietas Buah Kiwi dengan Metode Convolutional Neural Networks Menggunakan Keras," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 5, no. 4, p. 1309, 2021, doi: 10.30865/mib.v5i4.3166.
- [6] S. Wisnugroho, A. D. Prasetyo, and R. Kurniawan, "Aplikasi Android Pengenalan Rangka Manusia Berbasis Augmented Reality," *Semin. Inform. Medis 2015*, pp. 77–86, 2015.
- [7] N. I. Nabila, S. Sumantri, and L. Zakiah, "Pengembangan Multimedia Interaktif AR "TereDaman" Berbasis Problem Based Learning Dalam Pembelajaran IPA Sekolah Dasar," *J. teknodik*, vol. 28, pp. 41–52, 2024.
- [8] M. Syahid, D. Ardianto, and M. Z. Arifin, "Efektifitas Pembelajaran IPA Berbasis Augmented Reality Di Sekolah Dasar," pp. 163–178, 2024.
- [9] N. I. Armia and A. E. Andriani, "Development of the Augmented Reality Book to Improve Learning Outcomes of Photosynthesis Material in IPAS

- Learning,” vol. 20, no. 4, pp. 700–709, 2025.
- [10] A. D. Setiawan and M. Syahputra Novelan, “Sistem E-Commerce Berbasis Website Dengan Integrasi Augmented Reality (Ar) Pada Butik Gpm Collection,” *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 4307, no. 1, pp. 757–764, 2025, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [11] M. Pujilestari, B. E. H, and G. E. K, “Peningkatan Hasil Belajar IPAS Materi Fotosintesis Menggunakan Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) pada Siswa Kelas 4 Sekolah Dasar,” *J. Intelek dan Cendekiawan Nusantara*, vol. 1, no. 5, pp. 7024-7028, 2024.
- [12] E. Lestari, W. Ridwan, and M. H. L, “Sosialisasi Penggunaan Media Pembelajaran Berbasis Web dan Android dengan Teknologi Augmented Reality Mata Kuliah Ilmu Pelayaran Datar bagi Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar Pendahuluan,” *J. ABDIMAS Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 1002–1008, 2025.
- [13] B. S. Budi and R. Dijaya, “Penerapan Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Promosi,” *Indones. J. Appl. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–14, 2024.
- [14] S. Mulyana, et al., “Identifikasi Penyakit Tanaman Berdasarkan Citra Daun Berbasis Web dengan Pendekatan Algoritma Convolutional Neural Network,” *SKANIKA Sist. Komput. dan Tek. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 305–317, 2025, doi: 10.36080/skanika.v8i2.3573.
- [15] I. Sanjaya, Y. S. Wahyuni, and L. S. Parwati, “Implementation of Convolutional Neural Network for Soil Type Category Detection in a Web-Based Plant Recommendation System,” *J. Media Comput. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 247–266, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.unived.ac.id/index.php/jmcs/article/view/8637/6148>
- [16] S. Utomo, S. Budiarto, S. Ibnu, and W. Ilhamdi, “Bulletin of Information Technology (BIT) Implementasi Augmented Reality Pada Pembelajaran IPA Siswa SMP,” *Bull. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 419–424, 2023.
- [17] Y. P. Bara, D. Gasong, and I. K. Linggih, “Pengaruh Media Pembelajaran Augmented Reality terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Kelas VIII pada Mata Pelajaran IPA di SMP Kristen Sangalla’,” *J. Stud. Guru dan ...*, vol. 8, pp. 1431–1441, 2025, [Online]. Available: <https://www.e-journal.my.id/jsgp/article/view/6750>
- [18] D. O. Alvira, Rachmansyah, and R. M. Fajri, “Klasifikasi Lapisan Lilin Pada Buah Apel Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Metode Convolutional Neural Network,” *J. Intell. Networks IoT Glob.*, vol. 1, no. 2, pp. 92–97, 2023, doi: 10.36982/jinig.v1i2.3644.
- [19] T. Tawil, Ma’ruf, dan Rahmawati, “Pengembangan Media Pembelajaran Digital Berorientasi Augmented Reality pada Mata Pelajaran IPA Kelas 6 Sekolah Dasar,” *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, vol. 13, no. 4, pp. 4787–4802, Nov. 2024.
- [20] K. C. Brata, A. H. Brata, and Y. A. Pramana, “Pengembangan Aplikasi Mobile Augmented Reality Untuk,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 347–352, 2018.
- [21] R. Khalida dan S. Setiawati, “Website Technology Trends for Augmented Reality Development,” *Journal of Information Technology and Emerging Technologies*, vol. 6, no. 1, pp. 11–18, 2020, doi: 10.26555/jiteki.v16i1.16632.
- [22] Y. Ghifari, M. Rahman, dan S. Hidayat, “Penggunaan Augmented Reality untuk Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran,” *Jurnal Teknologi dan Pendidikan Digital*, vol. 13, no. 1, pp. 28–36, 2025.
- [23] S. A. Nadyarta, F. Fakhriyah, and I. Purbasari, “SOCA : Inovasi Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Motivasi Belajar IPAS Siswa Sekolah Dasar SOCA : Inovasi Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Motivasi Belajar IPAS Siswa Sekolah Dasar,” vol. 5, no. 2, 2025.
- [24] N. F. Saidin, N. D. A. Halim, and N. Yahaya, “A review of research on augmented reality in education: Advantages and applications,” *Int. Educ. Stud.*, vol. 8, no. 13, pp. 1–8, 2015, doi: 10.5539/ies.v8n13p1.
- [25] L. U. Ali and L. I. Burhan, “Pengaruh Penggunaan Media Interaktif Berbasis Augmented Reality terhadap Hasil Belajar IPA Siswa SMP,” *CENDEKIA J. Pendidik. Terintegrasi*, vol. 1, no. 1, pp. 60–75, 2025, doi: 10.63982/g26qzt07.