Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer
https://ojs.stmik-banjarbaru.ac.id/index.php/progresif/index
Jl. Ahmad Yani, K.M. 33,5 - Kampus STMIK Banjarbaru
Loktabat - Banjarbaru (Tlp. 0511 4782881), e-mail: puslit.stmikbjb@gmail.com
e-ISSN: 2685-0877

Menelusuri Narasi Imunologi Melalui Eksplorasi Komik *Augmented Reality* Untuk Pendidikan Sekolah Dasar

DOI: http://dx.doi.org/10.35889/progresif.v21i2.2915

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)

Purwanto Saputro[1*], Zacklin Syahrani[2], Agustinus Sirumapea[3], Siti Maisaroh[4]
Teknik Informatika, Institut Teknologi & Bisnis Bina Sarana Global, Tangerang, Indonesia
*e-mail *Corresponding:* 1121130117@global.ac.id

Abstrak

This study developed innovative Augmented Reality (AR) comic-based learning media to facilitate elementary school students' understanding of immunology concepts. The main problems were the complexity of abstract immunology material and the limited availability of interactive media suitable for children. This study aimed to design media that combines visual comic narratives with AR technology to visualize biological processes interactively. The development of this media is carried out through a Research and Development (R&D) approach with the ADDIE stages, namely analysis, design, development, implementation, and evaluation. The validation process involves experts and limited trials on 30 elementary school students. Results indicate 96.7% positive responses regarding ease of understanding and visual appeal, and 100% of students stated that AR animations clarified the concepts. The novelty lies in the integration of printed comics with interactive 2D animations based on AR markers, child-friendly character design, and a multisensory learning experience that combines visual, audio, and real-world interaction. The conclusion indicates that this medium is effective as an educational tool for science, while also providing a more immersive and enjoyable learning experience.

Keywords: *Augmented Reality comic; Immunology education; Interactive learning media*

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan media pembelajaran inovatif berbasis komik *Augmented Reality* (AR) untuk memudahkan pemahaman konsep imunologi pada siswa sekolah dasar. Permasalahan utama adalah kompleksitas materi imunologi yang abstrak dan keterbatasan media interaktif yang sesuai untuk anak-anak. Penelitian ini bertujuan merancang media yang menggabungkan narasi visual komik dengan teknologi AR untuk memvisualisasikan proses biologis secara interaktif. Pengembangan media ini dilakukan melalui pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan tahapan ADDIE, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Proses validasi melibatkan pakar serta uji coba terbatas pada 30 siswa sekolah dasar. Hasil menunjukkan 96,7% respon positif terhadap kemudahan pemahaman dan ketertarikan visual, serta 100% siswa menyatakan animasi AR memperjelas konsep. Kebaruan terletak pada integrasi komik cetak dengan animasi 2D interaktif berbasis marker AR, desain karakter ramah anak, dan pengalaman belajar multisensorial yang menggabungkan visual, audio, dan interaksi nyata. Simpulan menunjukkan media ini efektif sebagai alat edukasi sains, sekaligus menghadirkan pengalaman belajar yang lebih imersif dan menyenangkan.

Kata kunci: *Komik Augmented Reality; Pendidikan imunologi; media pembelajaran interaktif*

1. Pendahuluan

Penggunaan narasi komik dalam pendidikan memiliki potensi besar untuk menyampaikan informasi kompleks secara visual dan mudah dipahami, terutama di tingkat sekolah dasar. Media komik yang menyajikan kombinasi teks dan ilustrasi visual terbukti lebih efektif dalam membantu siswa memahami konsep sains, bila dibandingkan dengan penggunaan bahan ajar berbasis teks saja[1]. Secara khusus, komik digital tentang sistem kekebalan tubuh

manusia telah terbukti memiliki dampak positif terhadap hasil belajar dan motivasi siswa dalam kelas biologi [2].

Meskipun demikian, anak usia dini umumnya mengalami kesulitan dalam memahami konsep sains abstrak, seperti pertahanan tubuh dan fungsi vaksinasi. Penelitian menunjukkan bahwa pendidik anak usia dini menghadapi tantangan dalam mengajarkan konsep sains kepada anak-anak kecil karena pemahaman yang terbatas, keterbatasan sumber daya, dan keterbatasan waktu. Namun, penggunaan mainan edukatif dapat meningkatkan literasi sains anak-anak dengan mengembangkan pemahaman mereka tentang konsep sains, proses, dan aplikasinya. Komik telah diidentifikasi sebagai media yang menarik untuk meningkatkan motivasi belajar pada anak-anak usia dini, membuat konsep-konsep abstrak menjadi lebih konkret dan interaktif [3]. Oleh karena itu, pendekatan visual dan naratif seperti komik dianggap sebagai solusi potensial untuk menjembatani kesenjangan ini[4].

Selain itu, perkembangan teknologi dan kemunculan media sosial telah mengubah cara anak-anak mengakses dan berinteraksi dengan informasi. Media sosial tidak hanya berfungsi untuk membangun relasi pertemanan, namun juga berperan sebagai media untuk membagikan beragam jenis konten, seperti gambar, musik, video, hingga komik. Ini memberikan peluang baru dalam menyampaikan informasi pendidikan yang relevan dengan dunia anak-anak secara lebih luas dan fleksibel [5]. Komik digital pun mulai menjadi bagian dari konten yang terintegrasi dalam media sosial, memperkuat potensinya dalam mendukung proses pembelajaran.

Beberapa studi menunjukkan bahwa kombinasi pendekatan naratif dan media digital terbukti efektif dalam pendidikan anak usia dini. Narasi kesehatan berbasis budaya, misalnya, lebih efektif daripada metode pembelajaran konvensional dalam membentuk sikap orang tua terhadap imunisasi anak. Sementara itu, penggunaan komik digital juga berkontribusi pada peningkatan kemampuan berpikir kritis dan karakter anak [6]. Studi yang memanfaatkan media cerita bergambar berjudul Sistem Kekebalan Tubuh Kita yang Menakjubkan memperlihatkan bahwa pemahaman anak-anak terhadap konsep sistem imun mengalami peningkatan yang cukup besar setelah diberikan perlakuan pembelajaran melalui media tersebut[7]. Hal ini menunjukkan bahwa penggabungan pendekatan naratif dengan alat digital mampu menyederhanakan konsep ilmiah kompleks dan memengaruhi perilaku kesehatan anak.

Berangkat dari latar belakang tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan media pembelajaran yang mengintegrasikan komik edukatif dengan teknologi *Augmented Reality* (AR) guna memperkenalkan konsep dasar imunologi kepada siswa sekolah dasar. Teknologi AR diterapkan untuk memvisualisasikan proses ilmiah secara lebih menarik dan interaktif, seperti cara kerja sistem imun dan respons kekebalan tubuh [8]. Dengan demikian, media ini diharapkan mampu mendorong keterlibatan, pemahaman, dan kesadaran anak-anak akan pentingnya merawat kesehatan tubuh sejak usia dini. Integrasi antara komik dan AR ini sekaligus memberikan pembaruan dalam pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis digital, menjadikannya sebagai kontribusi kebaruan (*novelty*) dalam bidang edukasi sains anak usia dini. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang menunjukkan bahwa media komik kesehatan berbasis *Augmented Reality* dinilai sangat layak dan menarik digunakan dalam pembelajaran kesehatan anak sekolah dasar[9].

2. Tinjauan Pustaka

Dalam beberapa tahun terakhir*, Augmented Reality (AR)* dipandang sebagai terobosan penting di bidang pendidikan, khususnya pada pembelajaran sains. Teknologi ini memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan konten digital yang terintegrasi dengan lingkungan fisik mereka, menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif [10]. Penerapan AR dalam pendidikan sains telah menunjukkan dampak positif terhadap hasil belajar dan keterlibatan siswa. Dalam konteks imunologi, penggunaan *Augmented Reality* (AR) dapat membantu siswa memahami sistem kekebalan tubuh dan proses biologis lainnya dengan lebih baik, yang sangat penting untuk pendidikan di tingkat sekolah dasar [11].

Penggunaan komik sebagai media pembelajaran juga telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa. Penelitian oleh menunjukkan bahwa komik dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran sains. Sifat visual komik lebih menarik bagi siswa daripada buku teks tradisional, mendorong partisipasi aktif dalam proses belajar [12]. Temuan ini menunjukkan bahwa komik dapat menjadi alat yang berharga bagi pendidik yang ingin meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam pendidikan sains.

Dengan menggabungkan komik dan *Augmented Reality* (AR), pendidik dapat menciptakan narasi yang menarik yang tidak hanya menyampaikan informasi tetapi juga mendorong siswa untuk berpartisipasi aktif dalam proses belajar[13].

Integrasi komik dan *Augmented Reality* AR dalam pendidikan imunologi di sekolah dasar juga dapat mendukung pembelajaran yang lebih inklusif. Menurut penelitian oleh [14] penggunaan media visual seperti komik dan *Augmented Reality* (AR) dapat membantu siswa dengan berbagai gaya belajar dan kemampuan, sehingga menciptakan lingkungan belajar yang lebih adaptif. Pendekatan ini tidak hanya membantu siswa memahami imunologi tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif yang penting untuk pendidikan mereka di masa depan. Dengan demikian, kombinasi komik dan *Augmented Reality* (AR) dapat menjadi alat yang efektif untuk meningkatkan hasil belajar di bidang sains, khususnya imunologi.

Penelitian saat ini berfokus pada pengembangan media pembelajaran berbasis digital yang mengintegrasikan *Augmented Reality* (AR) dan komik dalam pengajaran imunologi. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan media pembelajaran imunologi berbasis e-komik yang mengintegrasikan teknologi *Augmented Reality* (AR) melalui konsep dual-layer content. Layer pertama berisi narasi visual komik 2D untuk menyampaikan alur cerita edukatif, sedangkan layer kedua berupa model 2D interaktif yang muncul saat marker *Augmented Reality* (AR) dipindai menggunakan perangkat mobile, menampilkan proses biologis secara animatif dan real-time. Sistem ini dirancang dengan prinsip *child-centered design*, mencakup ikon berukuran besar, navigasi berbasis gesture sederhana, serta audio narasi pendukung. Konsep teknis ini memberikan pengalaman belajar yang menggabungkan unsur visual, naratif, dan interaktif secara terpadu, sehingga materi imunologi menjadi lebih mudah dipahami dan menarik bagi siswa sekolah dasar.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE. Pendekatan ADDIE meliputi lima langkah berurutan: analisis, perancangan, pengembangan, penerapan, dan evaluasi. Setiap tahap dijalankan secara terstruktur agar dapat menghasilkan media pembelajaran yang sesuai kebutuhan. Oleh karena itu, uraian berikut menjelaskan secara rinci langkah-langkah yang dilakukan pada masing-masing tahap pengembangan.

1) Analisis Sistem

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, sistem aplikasi komik berbasis Augmented Reality (AR) untuk edukasi imunologi anak usia sekolah dasar memerlukan sejumlah fitur fungsionalitas utama. Fitur-fitur tersebut dirancang untuk memastikan aplikasi tidak hanya informatif tetapi juga interaktif, menarik, dan mudah digunakan oleh target pengguna. Kebutuhan fungsional sistem dapat diuraikan sebagai berikut:

a) **Fitur Tampilan Ilustrasi Komik Digital**
   - Menyajikan panel-panel komik yang menampilkan karakter, latar, dan alur cerita yang dikembangkan secara ilustratif dan sesuai dengan dunia anak.
   - Panel-panel disusun secara runtut mengikuti alur *storyboard* yang telah dirancang, memungkinkan siswa untuk mengikuti narasi cerita dengan jelas dan logis.

b) **Fitur Digitalisasi dan Optimasi Aset Gambar**
   - Mendukung penggunaan format gambar standar seperti PNG dan JPG dengan resolusi yang telah dioptimasi.
   - Memastikan aset visual memiliki ukuran yang ringan untuk performa aplikasi yang cepat, tanpa mengorbankan kualitas dan kejelasan tampilan saat dijalankan pada perangkat *mobile*.

c) **Fitur Penanda AR (*Marker AR*)**
   - Gambar atau panel tertentu dalam komik berfungsi sebagai *marker* atau penanda yang dapat dipindai oleh kamera perangkat melalui aplikasi.
   - *Marker* didesain dengan ciri visual yang unik dan memiliki kontras yang tinggi agar dapat dikenali secara akurat dan cepat oleh sistem *tracking* AR.

d) **Fitur Animasi Interaktif 2D**

- Menyediakan konten animasi 2D yang akan ditampilkan secara *overlay* di dunia nyata begitu *marker* berhasil dipindai.
- Animasi dirancang untuk menjelaskan proses kompleks dalam imunologi (seperti mekanisme sel darah putih melawan patogen) secara sederhana, dinamis, dan mudah dipahami oleh anak-anak.

e) **Fitur Integrasi dengan Platform Pengembangan AR**

- Seluruh aset gambar dan animasi diintegrasikan ke dalam sebuah platform pengembangan seperti Unity dengan menggunakan *engine* AR khusus (contoh: Vuforia).
- Aplikasi dilengkapi dengan sistem navigasi yang menghubungkan setiap panel komik dengan elemen AR yang sesuai, sehingga memastikan kesinambungan antara alur cerita dan konten augmented.

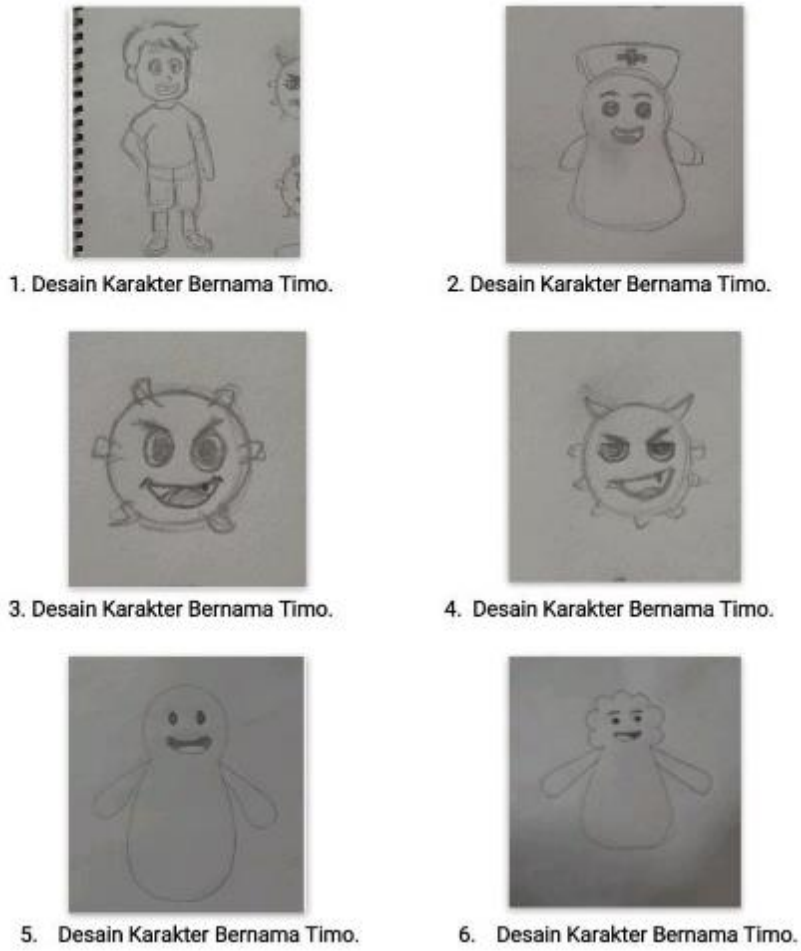
f) **Fitur Uji Kompatibilitas dan Kinerja pada Perangkat *Mobile***

- Memastikan bahwa seluruh komponen, termasuk ilustrasi, animasi, dan antarmuka navigasi, dapat ditampilkan dengan baik dan lancar pada berbagai perangkat *mobile*.
- Memberikan pengalaman belajar yang konsisten dan imersif tanpa mengalami kendala teknis seperti gambar yang pecah atau animasi yang tersendat (*lag*).

2) Desain Sistem

a) Desain karakter

Mendesain karakter utama seperti Timo, Kapten Leuk, Bibo, dan Viro sangat krusial untuk menarik perhatian anak-anak. Setiap karakter diberikan desain visual yang mencolok dan sifat yang mudah dimengerti, sehingga anak-anak dapat dengan cepat mengenali dan memahami peran mereka dalam cerita. Berikut adalah karakter desain awal.



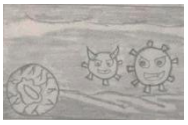
Gambar 1. *Storyboard* Desain Karakter Awal

Dalam pengembangan media pembelajaran berbasis komik untuk anak usia dini, desain karakter memegang peran penting dalam menyampaikan pesan edukatif secara efektif. Setiap karakter dirancang dengan visual yang menarik dan mudah dikenali, serta memiliki peran khusus dalam alur cerita untuk merepresentasikan komponen-komponen utama dalam sistem imun dan patogen. Karakter-karakter ini tidak hanya menjadi elemen visual yang menyenangkan, tetapi juga sarana untuk menjelaskan konsep-konsep ilmiah secara sederhana dan imajinatif

b) Alur Cerita

Narasi dalam komik ini secara imajinatif menggambarkan perjuangan sistem kekebalan tubuh dalam melawan patogen berbahaya yang mengancam kesehatan. Cerita dimulai dengan pengenalan karakter Timo sebagai representasi tubuh manusia, bersama sel-sel pelindung seperti Kapten Leuk, Makrofag, dan Limfosit. Saat Timo terluka, bakteri Bibo dan virus Viro menyerang, memicu respons imun bawaan dan adaptif. Pertempuran digambarkan secara menarik dan edukatif agar anak-anak memahami proses imunologi secara sederhana. Akhir cerita menunjukkan keberhasilan sistem imun mengalahkan patogen, menegaskan pentingnya menjaga kesehatan tubuh. Rangkaian peristiwa ini dirangkum dalam Tabel berikut.

Tabel 1. Alur Cerita dan Tujuan Panel Dalam Cerita

Storyboard	Action	Dialog
	Adegan diawali dengan suasana taman yang cerah dan penuh warna. Timo, anak laki-laki berusia 6 tahun dengan rambut pendek dan pakaian kasual, sedang bermain ayunan dengan senyum lebar.	
	Tiba-tiba, Timo terjatuh dari ayunan dan jatuh ke tanah.	Aaaaaa….
	Dia duduk sembari mengusap tangis dan memegang luka dikakinya	
	Dari sudut luka, patogen berbentuk makhluk berwarna hijau dan ungu, dengan mata merah menyala, muncul perlahan dengan ekspresi licik. Mereka tertawa jahat, siap memasuki tubuh Timo.	Bibo (patogen kecil, tertawa licik): "Haha! Ini kesempatan kita masuk!" Viro (patogen besar, bersiap menyerang): "Saatnya menguasai tubuh ini!"
	Adegan berpindah ke bagian dalam luka timo.	Bibo (tertawa jahat): "saatnya menguasai tubuh!"Viro (menyerang sel sehat): "ini kesempatan kita masuk!"
	Memperlihatkan sebuah markas di dalam tubuh timo, menyerupai markas pasukan pertahanan. Kapten Luk, Sel darah putih utama (karakter bernama Kapten Leuk) terlihat memimpin tim, memberikan instruksi kepada sel-sel imun lain.	Kapten Luk (tegas dan bersemangat): "Perhatian! Ada musuh yang masuk melalui luka di lutut! Pasukan, bersiap untuk bertempur!"
	Patogen Bibo dan Viro kini telah masuk ke dalam jaringan tubuh. Mereka mulai menggandakan diri dengan cepat, berubah menjadi pasukan kecil patogen berwarna hijau yang melompat-lompat, mengeluarkan asap ungu beracun.	Bibo (tertawa jahat): "Lihat! Kita semakin kuat!" Viro (menyerang sel sehat): "Sistem imun tidak akan bisa menghentikan kita!"

Storyboard	Action	Dialog
	Adegan berubah menjadi medan perang dalam tubuh Timo. Kapten Luk memimpin pasukan imun ke medan tempur.	Kapten Luk (mengacungkan pedangnya): "Jangan biarkan mereka menguasai tubuh ini! Serang!"
	Makrofag besar menyerbu patogen, menangkap dan menghancurkan mereka satu per satu.	Makrofag (menangkap patogen): "Rasakan ini, makhluk jahat!"
	Limfosit(sel darah putih) meluncurkan antibodi berbentuk peluru cahaya biru yang mengenai patogen dan asap racun, membuat mereka melemah dan menghilang.	Limfosit: "Aku akan mengurus sisannya!"
	Kapten Luk dan pasukan imun bersorak gembira. Mereka berdiri tegap di atas medan pertempuran yang kini bersih dari patogen.	Kapten Luk: "Misi berhasil! Tubuh kembali sehat!" Makrofag: "Patogen telah dikalahkan!"

3) Pengembangan Sistem
Dalam fase pengembangan sistem, aspek visual desain memegang peran penting karena menjadi jembatan antara konsep komik dengan implementasi media pembelajaran berbasis AR. Proses ini dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu:
   a) Pembuatan Ilustrasi Komik
   Ilustrasi karakter, latar, dan alur cerita dibuat menggunakan software desain grafis yaitu Adobe Illustrator. Setiap panel disusun sesuai storyboard yang telah dirancang sebelumnya.
   b) Digitalisasi & Pengolahan Gambar
   Hasil ilustrasi didigitalisasi ke dalam format kompatibel untuk aplikasi mobile, misalnya PNG atau JPG, dengan resolusi yang diatur agar ringan saat dijalankan.
   c) Integrasi Marker AR
   Panel atau gambar tertentu pada komik dipilih sebagai marker yang dipindai oleh aplikasi. Marker disiapkan dengan kontras visual yang jelas agar mudah dikenali sistem AR.
   d) Pembuatan Animasi 2D
   Visual komik dikembangkan lebih lanjut menjadi animasi 2D menggunakan software animasi Adobe Animate dan Adobe After Effects. Animasi ini akan muncul secara interaktif ketika marker dipindai.
   e) Integrasi Visual ke dalam Platform AR
   Gambar dan animasi kemudian diimpor ke dalam platform pengembangan, Unity dengan Vuforia Engine. Pada tahap ini, elemen visual dipadukan dengan sistem navigasi aplikasi sehingga pengalaman interaktif sesuai dengan alur komik dapat tercapai.
   f) Pengujian Tampilan Visual
   Tahap akhir dilakukan dengan uji coba tampilan di perangkat mobile untuk memastikan ilustrasi, animasi, dan navigasi tampil dengan baik, tidak pecah, serta sesuai rancangan awal.
4) Implementasi dan Evaluasi
Setelah proses pengembangan aplikasi Comic AR selesai, dilakukan tahap pengujian untuk memvalidasi fungsionalitas sistem dan memastikan tidak terdapat kesalahan (error) yang kritis. Pengujian ini menggunakan dua pendekatan utama:
   a) Pengujian
   Pengujian dilakukan untuk memverifikasi setiap fungsionalitas aplikasi tanpa mempertimbangkan struktur kode atau logika internalnya. Pengujian ini berfokus pada

kesesuaian antara output yang dihasilkan dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Tester akan menguji semua fitur yang tersedia bagi pengguna akhir, seperti:

- Navigasi antar menu (Menu Utama, Scan, Quiz, About, Exit).
- Proses pemindaian marker AR dan munculnya animasi.
- Fungsi kuis, termasuk penilaian dan tampilan skor.
- Kecepatan loading aplikasi dan optimasi performa.

b) *User Acceptance Test* (UAT)
Pengujian UAT dilakukan dengan melibatkan pengguna langsung, dalam hal ini adalah siswa sekolah dasar dan guru. Tujuan UAT adalah untuk mengevaluasi apakah aplikasi telah memenuhi kebutuhan pengguna dan memberikan pengalaman belajar yang diharapkan. Indikator yang dinilai meliputi:

- Kemudahan Penggunaan (*Usability*): Seberapa mudah aplikasi dinavigasi dan digunakan oleh anak-anak.
- Kualitas Visual: Kejelasan ilustrasi, animasi AR, dan antarmuka pengguna.
- Nilai Edukasional: Keefektifan aplikasi dalam menyampaikan materi imunologi.
- Kesesuaian dengan Ekspektasi: Apakah aplikasi berjalan sesuai dengan alur cerita dan tujuan pembelajaran yang dirancang.

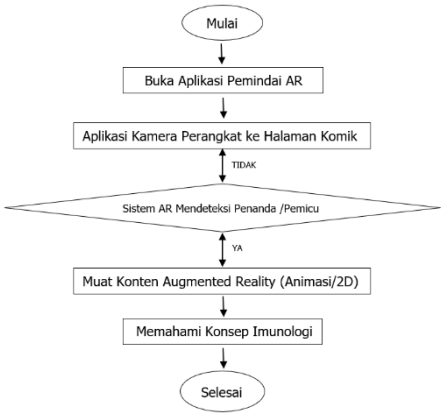
Melalui kedua metode ini, data kualitatif dan kuantitatif akan dikumpulkan untuk dianalisis lebih lanjut guna menentukan tingkat kesiapan dan keberhasilan aplikasi.

4. Hasil dan Pembahasan

Proses pengembangan media pembelajaran komik interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan metode ADDIE telah berhasil menghasilkan aplikasi yang fungsional untuk mengenalkan konsep imunologi pada siswa sekolah dasar.

4.1 Implementasi Sistem

Proses ini menyajikan diagram alur aktivitas pengguna dalam sistem aplikasi beserta penjelasan pada setiap tahap interaksi, mulai dari proses pemindaian marker hingga pemuatan konten *Augmented Reality* (AR). Selain itu, ditampilkan pula hasil tampilan antarmuka aplikasi yang dilengkapi deskripsi mengenai fungsi dan prosedur penggunaan pada setiap menu dan fitur yang tersedia.



Gambar 2. Diagram alur aktivitas pengguna dalam sistem komik edukatif berbasis *Augmented Reality* (AR).

1) Diagram alur pada Gambar 2 menggambarkan rangkaian aktivitas pengguna dalam sistem komik edukatif berbasis *Augmented Reality* (AR). Alur ini memberikan ilustrasi menyeluruh mengenai proses interaksi pengguna sejak tahap awal hingga pemanfaatan fitur utama aplikasi. Dengan demikian, dapat terlihat bagaimana sistem dirancang untuk menghadirkan pengalaman belajar yang interaktif sekaligus menyenangkan bagi siswa. Berikut disajikan diagram alur tersebut.
2) Aplikasi Comic AR yang telah dikembangkan diimplementasikan pada perangkat mobile dengan sistem operasi Android. Aplikasi ini menyajikan serangkaian antarmuka yang

dirancang untuk memudahkan navigasi dan interaksi pengguna, khususnya siswa sekolah dasar. Berikut adalah tabel objek-objek antarmuka utama dari aplikasi beserta deskripsinya:

Tabel 2. Objek Antarmuka Aplikasi Comic AR

Tampilan Gambar	Nama Tampilan	Kegunaan	Prosedur Operasi
	Tampilan Loading Aplikasi	Layar pembuka (splash screen) yang pertama kali muncul, memperkenalkan identitas aplikasi.	Muncul otomatis saat aplikasi dibuka, bertahan saat inisialisasi, lalu beralih ke Menu Utama.
	Tampilan Menu Utama	Pusat navigasi untuk mengakses fitur SCAN, QUIZ, ABOUT, dan EXIT.	Pengguna mengetuk tombol untuk mengakses fitur sesuai fungsi masing-masing.
	Tampilan Menu Scan (Pra-Pindai)	Antarmuka kamera siap digunakan untuk memindai marker pada komik.	Setelah mengetuk SCAN, aplikasi meminta izin kamera. Pengguna mengarahkan kamera ke marker.
	Tampilan Menu Scan (Pascapindai)	Menampilkan animasi edukasi imunologi dalam bentuk 2D/3D di atas marker nyata.	Pengguna mengarahkan kamera ke marker. Animasi muncul otomatis. Tombol Home untuk kembali.
	Tampilan Menu Kuis	Menyajikan kuis pilihan ganda untuk menguji pemahaman siswa.	Pengguna memilih jawaban dengan mengetuk opsi. Sistem mencatat jawaban dan menampilkan skor.
	Tampilan Menu About	Memberikan informasi tentang aplikasi, tujuan, dan pengembang.	Pengguna membaca informasi. Untuk kembali, mengetuk tombol Back perangkat atau Home.

Setelah aplikasi diimplementasikan, dilakukan uji coba kepada 30 siswa sekolah dasar menggunakan angket skala Likert, observasi, dan wawancara. Hasil dan pembahasan disajikan pada subbab berikut.

4.2 Pengujian/Evaluasi Sistem

1) Pada aplikasi Comic AR yang telah diselesaikan akan dilakukan pengujian untuk mendeteksi kesalahan atau meminimalkan eror selama pengembangan aplikasi Comic AR. Pada hasil pengujian tersaji lengkap pada tabel berikut menyajikan rancangan pengujian sistem untuk aplikasi berbasis *Augmanted Reality:*

Tabel 3. Hasil Pengujian Sistem

No.	Sesi Kelas Pengujian	Indikator Pengujian	Hasil Analisis Pengujian
1.	Tampilan Halaman Loading	Memperlihatkan tampilan loading “Comic AR” berfungsi sebagai layar pembuka yang menampilkan identitas aplikasi	Valid
2.	Tampilan menu utama pada aplikasi “Comic AR”	Menu utama pada aplikasi “Comic AR” ini berfungsi sebagai pusat navigasi yang memudahkan pengguna dalam memilih fitur yang diinginkan.	Valid
3.	Tampilan menu scan awal aplikasi “Comic AR”	Menu scan awal aplikasi “Comic AR” sebelum memindai marker.	Valid
4.	Menu quiz pada aplikasi “Comic AR ”	Menu quiz pada aplikasi “Comic AR” dirancang sebagai fitur latihan untuk menguji pemahaman siswa terhadap materi imunologi yang telah dipelajari melalui komik dan interaksi Augmented Reality.	Valid
5.	Tampilan menu quiz score	Tampilan menu quiz score pada aplikasi.	Valid
6.	Tampilan menu About pada aplikasi “Comic AR”	Tampilan menu About pada aplikasi “Comic AR” berfungsi untuk memberikan informasi lengkap mengenai aplikasi.	Valid
7.	Menu Exit pada aplikasi “Comic AR ”	Menu Exit pada aplikasi “Comic AR ” berfungsi sebagai tombol untuk menutup aplikasi dengan cepat dan praktis.	Valid

2) Hasil pengujian *User Acceptance Test* (UAT) dimanfaatkan sebagai sarana untuk memperoleh wawasan serta pemahaman yang lebih mendalam mengenai perspektif responden atau pengguna terhadap sistem yang dikembangkan. Dalam proses ini, Sebanyak 30 responden diminta mengisi kuesioner berdasarkan pengalaman mereka menggunakan aplikasi *Comic AR*. Respon dari mereka memberikan wawasan yang berharga terkait efektivitas media tersebut. Responden yang terlibat merupakan individu yang telah aktif menggunakan aplikasi *Comic AR* secara langsung. Tabel 3 menyajikan bobot penilaian dari pernyataan kuesioner para responden. Berdasarkan data kuesioner UAT yang diberikan,

penilaian dihitung menggunakan skala Likert 4 poin. Tabel berikut menyajikan bobot penilaian berdasarkan huruf kategori dan nilai skornya.

Tabel 4. Bobot Penilaian Skala Likert dalam UAT

Huruf Penilaian	Bobot Penilaian	Keterangan Penilaian
A	4	Sangat baik
B	3	Baik
C	2	Cukup
D	1	Kurang Baik
E	0	Tidak Baik

Tabel 4 menyajikan daftar pernyataan beserta tanggapan dari para responden. Total responden untuk setiap pertanyaan adalah 30 orang (dihitung dari jumlah jawaban per baris, misal: 29+1+0+0+0=30.

Tabel 5. Hasil Kuesioner Responden terhadap Media *Comic AR*

No	Pertanyaan	Jawaban				
		Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang baik	Tidak baik
1	Apakah isi cerita dalam komik sesuai dengan konsep imunologi?	29	1	0	0	0
2	Apakah bahasa yang digunakan dalam komik mudah dipahami oleh siswa SD?	26	4	0	0	0
3	Seberapa menarik ilustrasi dan visual yang ditampilkan dalam komik?	27	2	1	0	0
4	Bagaimana kualitas animasi (tampilan, warna, gerakan)?	26	4	0	0	0
5	Apakah animasi membantu siswa memahami isi cerita atau konsep imunologi?	26	4	0	0	0
6	Seberapa baik suara/narasi (jika ada) mendukung isi animasi?	25	5	0	0	0
7	Apakah aplikasi AR mudah digunakan oleh siswa SD?	24	3	3	0	0
8	Apakah semua fitur dalam aplikasi AR berfungsi dengan baik saat digunakan?	26	2	2	0	0
9	Apakah komik dan aplikasi AR terintegrasi dengan lancar (scanner, pemicu, dll)?	23	7	0	0	0
10	Seberapa besar aplikasi AR meningkatkan pemahaman siswa terhadap imunologi?	27	3	0	0	0

Tabel di atas adalah data hasil kuesioner yang didapat dari tahapan pengajuan *User Acceptance Test* (UAT). Nilai persentase dihitung dengan cara menjumlahkan total skor tiap jawaban responden, kemudian dibandingkan dengan skor maksimum dan dikonversi ke dalam bentuk persentase.

$$\text{Nilai UAT} \left(\frac{\text{Total Skor Aktual}}{\text{Total Skor Maksimal}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 6. Rekapitulasi Total Skor dan Kategori Penilaian UAT

No	Total Skor	Presentase	Indikator Kategori
1	149	99,33%	Sangat Baik
2	146	97,33%	Sangat Baik
3	144	96%	Sangat Baik
4	146	97,33%	Sangat Baik

No	Total Skor	Presentase	Indikator Kategori
5	146	97,33%	Sangat Baik
6	145	96,66%	Sangat Baik
7	141	94%	Sangat Baik
8	144	96%	Sangat Baik
9	143	95,33%	Sangat Baik
10	147	98%	Sangat Baik
Total	**145,1**	**96,731%**	**Sangat Baik**

Dari hasil angket UAT, diperoleh rata-rata penilaian sebesar 96,73% dengan kategori "Sangat Baik", yang menunjukkan bahwa *Comic* AR dinilai sangat efektif sebagai media pembelajaran. Hampir semua aspek mendapat respon positif tinggi, seperti kesesuaian isi cerita dengan konsep imunologi (99,3%), kemudahan bahasa (97,3%), kualitas ilustrasi dan visual (96%), animasi baik dari tampilan maupun dukungan terhadap pemahaman cerita (97,3%), serta integrasi aplikasi AR dengan komik (95,3%). Aspek peningkatan pemahaman siswa terhadap imunologi bahkan mencapai 98%, menegaskan bahwa secara visual, naratif, dan fungsional, Comic AR berhasil mendukung proses belajar siswa sekolah dasar secara optimal.

Setelah melewati tahap validasi dengan hasil yang memuaskan, media pembelajaran Comic AR dikemas dalam format apk sebagai standar aplikasi berbasis Android. File .apk ini dapat diinstal secara langsung pada perangkat mobile sehingga memungkinkan pengguna mengakses konten pembelajaran secara offline tanpa ketergantungan pada koneksi internet. Produk akhir yang dinyatakan layak kemudian disimpan dalam media penyimpanan digital seperti Google Drive atau perangkat penyimpanan lainnya, sehingga memudahkan proses distribusi dan aksesibilitas aplikasi *Comic* AR bagi pengguna

4.3 Pembahasan

Integrasi multimodal antara elemen visual, animasi interaktif, dan teknologi augmented reality dalam aplikasi *Comic* AR ini telah berhasil menciptakan lingkungan pembelajaran yang imersif. Data kuesioner menunjukkan tingkat penerimaan yang signifikan pada aspek visual dengan pencapaian 96% untuk ketertarikan grafis, 96,7% untuk efektivitas animasi, dan 95,3% untuk integrasi sistem AR dengan media cetak. Temuan ini memperkuat penelitian sebelumnya mengenai keunggulan media hibrid dalam meningkatkan retensi pembelajaran [15 - 16].

Dari perspektif edukasi, aplikasi *Comic* AR berhasil menyajikan konten yang informatif sekaligus mudah diakses, sebagaimana tercermin dari kemudahan memahami tulisan (96,7%), narasi suara (95,83%), dan pemahaman konsep imunologi (97,5%). Integrasi multimodal antara elemen visual, animasi interaktif, dan teknologi *Augmented Reality* menciptakan lingkungan pembelajaran yang imersif, dengan tingkat penerimaan signifikan pada aspek visual (96% untuk ketertarikan grafis), efektivitas animasi (96,7%), dan integrasi sistem AR dengan media cetak (95,3%). Pendekatan semacam ini berpotensi mengubah paradigma pendidikan sains di tingkat dasar, terutama untuk konsep yang bersifat abstrak. Secara praktis, temuan ini memberikan implikasi penting bagi pengembang untuk menyempurnakan antarmuka fitur *scan*, sekaligus menjadi alat bantu mengajar yang efektif bagi pendidik.

Namun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, terutama terkait jumlah responden (n=30) dan ruang lingkup uji coba yang terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih beragam dan uji coba longitudinal untuk mengukur dampak jangka panjang. Selain itu, aspek ketersediaan teknologi dan kesiapan guru juga perlu menjadi pertimbangan dalam implementasi skala luas.

5. Simpulan

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa media pembelajaran komik *Augmented Reality* (AR) yang efektif dan menarik dapat meningkatkan pemahaman imunologi siswa sekolah dasar. Melalui metode R&D dengan model ADDIE, produk ini terbukti layak berdasarkan validasi ahli dan uji coba pada 30 siswa, dengan 96,7% respon positif terhadap kemudahan pemahaman dan 100% persetujuan bahwa animasi AR memperjelas konsep. Kebaruan terletak pada integrasi komik cetak dengan animasi interaktif berbasis marker AR dan desain karakter ramah anak.

Meski demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan dalam lingkup uji coba yang masih terbatas pada satu lokasi. Untuk itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan guna meningkatkan kelengkapan cerita dan menyempurnakan antarmuka pengguna agar lebih ramah anak. Dengan

implementasi penyempurnaan ini, komik AR tidak hanya berpotensi menjadi alat edukasi inovatif, tetapi juga dapat berkontribusi pada peningkatan literasi kesehatan sejak dini melalui integrasi unik antara media cetak dan teknologi digital.

Daftar Referensi

[1] Salwa Sulaimah Nurhakim, Abdul Latip, and Shinta Purnamasari, "Peran Media Pembelajaran Komik Edukasi dalam Pembelajaran IPA: A Narrative Literature Review," *Jurnal Pendidikan MIPA*, vol. 14, no. 2, pp. 417–429, Jun. 2024, doi: 10.37630/jpm.v14i2.1551.

[2] S. W. Astuti, L. Luzyawati, and E. Yuliana, "Pengaruh media e-comic sistem imunitas manusia terhadap hasil belajar dan motivasi siswa," *Jurnal Edukasi dan Sains Biologi*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, Jun. 2023, doi: 10.37301/esabi.v5i1.40.

[3] J. R. Widayati, R. Safrina, and Y. Supriyati, "Analisis Pengembangan Literasi Sains Anak Usia Dini melalui Alat Permainan Edukatif," *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, vol. 5, no. 1, p. 654, Aug. 2020, doi: 10.31004/obsesi.v5i1.692.

[4] E. N. Qorimah, W. C. Laksono, Y. M. Hidayati, and A. Desstya, "Kebutuhan Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (AR) pada Materi Rantai Makanan," *Jurnal Pedagogi dan Pembelajaran*, vol. 5, no. 1, pp. 57–63, Apr. 2022, doi: 10.23887/jp2.v5i1.46290.

[5] A. F. Jafar, "Pengembangan Komik Elektronik (E-Comic) Usaha Dan Pesawat Sederhana Kelas VIII MTS Negeri 6 Bulukumba," *AL-KHAZINI: Jurnal Pendidikan Fisika*, vol. 1, no. 1, pp. 1–18, Apr. 2021, doi: 10.24252/al-khazini.v1i1.20839.

[6] S. Y. Erlangga, D. N. Setyawan, A. Wijayanti, E. A. Poort, and T. Taher, "Understanding Students' Cognitive Processes: A Qualitative Study of the Influence of Culture-Based Comics on Analytical Skills in Thermodynamics," *SEMESTA: Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, vol. 3, no. 2, pp. 84–92, Jul. 2025, doi: 10.70115/semesta.v3i2.300.

[7] S. W. Astuti, L. Luzyawati, and E. Yuliana, "Pengaruh media e-comic sistem imunitas manusia terhadap hasil belajar dan motivasi siswa," *Jurnal Edukasi dan Sains Biologi*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, Jun. 2023, doi: 10.37301/esabi.v5i1.40.

[8] W. Q. Ilahy, M. Sholeh, B. Subali, and N. Widiarti, "Literature Review of Research Trends in the Development of Canva-Based Interactive Learning Media for Elementary Schools Between 2019-2025," *Edunesia : Jurnal Ilmiah Pendidikan*, vol. 6, no. 3, pp. 1432–1447, Jul. 2025, doi: 10.51276/edu.v6i3.1254.

[9] I. W. Yusa, A. Y. R. Wulandari, B. Tamam, I. Rosidi, M. Yasir, and A. Y. B. Setiawan, "Development of Augmented Reality (AR) Learning Media to Increase Student Motivation and Learning Outcomes in Science," *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 2, pp. 127–145, Nov. 2023, doi: 10.21831/jipi.v9i2.52208.

[10] A. R. Pradita, A. N. Aeni, and A. Sujana, "Pengaruh Media Augmented Reality Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Kelas IV SDN Tegalkalong pada Materi Fotosintesis," *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, vol. 13, no. 1, p. 1, Feb. 2024, doi: 10.20961/inkuiri.v13i1.83995.

[11] J. Santoso, "Mengatasi Tantangan Keterlibatan Mahasiswa: Strategi Efektif untuk Menciptakan Lingkungan Belajar yang Menarik," *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, vol. 14, no. 2, pp. 469–478, Dec. 2023, doi: 10.37304/jikt.v14i2.267.

[12] L. Yang, W. Susanti, A. Hajjah, Y. N. Marlim, and G. Tendra, "Perancangan Media Pembelajaran Matematika Menggunakan Teknologi Augmented Reality," *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, vol. 20, no. 1, pp. 122–136, Jun. 2022, doi: 10.31571/edukasi.v20i1.3830.

[13] I. N. Q. Aini, A. Triayudi, and I. D. Sholihati, "Aplikasi Pembelajaran Interaktif Augmented Reality Tata Surya Sekolah Dasar Menggunakan Metode Marker Based Tracking," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, no. 1, p. 178, Jan. 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1875.

[14] B. H. Mukti and B. Isdaryanti, "Pengembangan Komik Digital Berbantuan Augmented Reality untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep dan Hasil Belajar Materi Lapisan Bumi Kelas V," *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, vol. 5, no. 2, pp. 570–584, Jun. 2025, doi: 10.53299/jagomipa.v5i2.1703.

[15] N. Nasution, Y. Darmayunata, and S. Wahyuni, "Pengembangan Media Pembelajaran Anak Usia Dini berbasis Augmented Reality," *Jurnal Obsesi : Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, vol. 6, no. 6, pp. 6462–6468, Nov. 2022, doi: 10.31004/obsesi.v6i6.3408.

[16] M.N. Maskuri, H.W. Herwanto, R. Firdaus, R.D. Jayanti, & H.D. Ratnasari, “Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Pada Materi Mikrokontroler Mata Pelajaran Informatika di SMA Negeri 9 Malang. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 13, no. 3, pp. 2102-2113, 2024.