

Pengembangan Aplikasi Augmented Reality (AR) Berbasis Marker untuk Pengenalan Komponen Hardware Komputer

Raffa Arvel Nafi'Nadindra¹, Mhd Nurdin Al-Kahfi², Ahmad Mukhlis Farhan³, Dziffar Januarko Tio Sutrisno⁴, Faisal Reza Pradhana, S.Kom., M.Kom⁵.

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Darussalam Gontor

E-mail: ¹raffaarvelnafinadindra99@student.cs.unida.gontor.ac.id,

²ahmadmukhlisfarhan93@student.cs.unida.gontor.ac.id, ³mhdalkahfi19@student.cs.unida.gontor.ac.id,

⁴dziffartiosutrisno92@student.cs.unida.gontor.ac.id, ⁵faisalrezapradhana@unida.gontor.ac.id

Abstrak – Pemahaman terhadap komponen perangkat keras komputer merupakan kompetensi dasar yang penting dalam bidang teknologi informasi. Namun, proses pembelajaran hardware komputer masih menghadapi keterbatasan media interaktif dan akses langsung terhadap perangkat fisik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi Augmented Reality (AR) berbasis marker sebagai media pembelajaran pengenalan komponen hardware komputer. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (Research and Development) dengan model Waterfall yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity sebagai game engine, Vuforia sebagai Software Development Kit AR, serta Blender untuk pembuatan objek tiga dimensi (3D). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi mampu menampilkan objek 3D komponen hardware komputer secara real-time berdasarkan marker yang dipindai, disertai informasi fungsi setiap komponen. Pengujian fungsional menggunakan metode Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan dan dapat dijalankan dengan baik pada beberapa perangkat Android dengan spesifikasi yang berbeda. Dengan demikian, aplikasi AR berbasis marker yang dikembangkan berpotensi menjadi media pembelajaran alternatif yang interaktif dan mudah diakses untuk membantu pengguna memahami komponen hardware komputer.

Kata Kunci — Augmented Reality, Hardware Komputer, Marker-Based Tracking, Media Pembelajaran, Android

1. PENDAHULUAN

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi di era digital telah mengubah paradigma interaksi manusia dengan perangkat digital secara fundamental. Dalam menghadapi dinamika ini, penguasaan kompetensi dasar komputer menjadi hal yang sangat krusial bagi setiap individu untuk dapat beradaptasi dan berinovasi [1]. Salah satu pilar utama dalam pendidikan teknologi informasi adalah pemahaman mendalam mengenai komponen perangkat keras (*hardware*) komputer, yang berfungsi sebagai fondasi dalam memahami cara kerja sistem komputer secara menyeluruh [2].

Namun, proses pembelajaran *hardware* komputer saat ini masih menghadapi berbagai kendala nyata. Media pembelajaran konvensional seperti buku teks, gambar dua dimensi (2D), maupun metode ceramah seringkali kurang mampu memberikan visualisasi yang memadai mengenai struktur fisik komponen yang kompleks. Di sisi lain, kendala pada praktik langsung seperti keterbatasan ketersediaan perangkat, tingginya biaya pengadaan, serta risiko kerusakan alat menjadi hambatan bagi institusi pendidikan. Keterbatasan-keterbatasan ini berdampak langsung pada rendahnya tingkat pemahaman dan minat peserta didik pemula dalam mengidentifikasi komponen fisik komputer secara akurat [3], [4].

Sebagai solusi inovatif, teknologi *Augmented Reality* (AR) hadir untuk menjembatani celah antara teori dan visualisasi objek nyata [5], [6]. AR didefinisikan sebagai teknologi yang mampu menggabungkan dunia maya dengan lingkungan nyata secara *real-time*. Keunggulan utama AR terletak pada kemampuannya menyajikan informasi secara interaktif, visual, dan kontekstual, sehingga sangat relevan digunakan sebagai media pembelajaran materi hardware komputer yang membutuhkan visualisasi tiga dimensi (3D) [7]. Teknologi ini memungkinkan objek digital ditempatkan langsung pada lingkungan fisik pengguna melalui layar perangkat *mobile* [8].

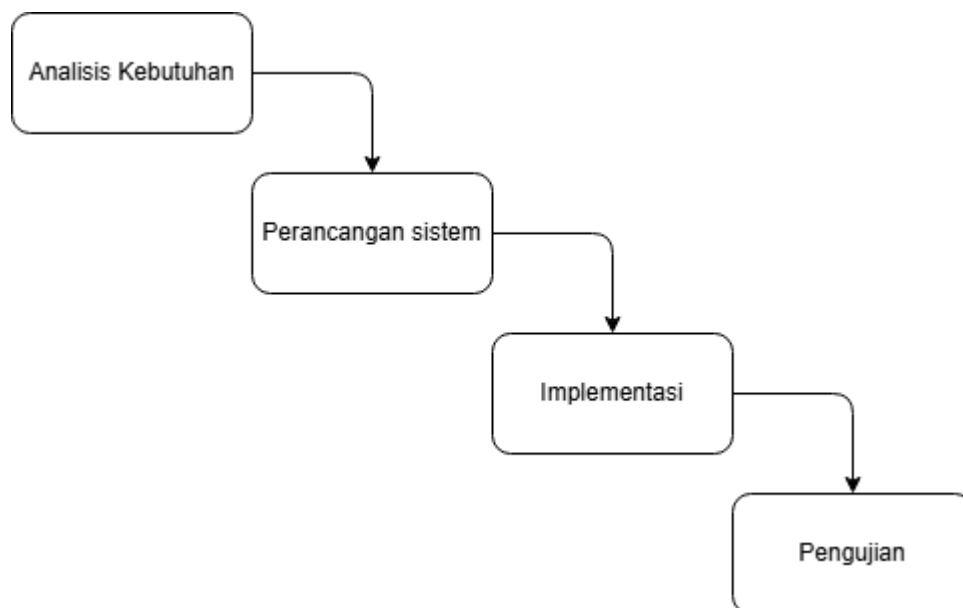
Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji pemanfaatan *Augmented Reality* (AR) berbasis *marker* sebagai media pembelajaran dengan menggunakan teknologi seperti Unity dan Vuforia, yang menunjukkan bahwa metode *marker-based tracking* memiliki stabilitas yang baik serta mampu meningkatkan minat belajar peserta didik [9], [10], [11], [12]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada aspek implementasi teknis semata, tanpa memberikan perhatian yang memadai terhadap kesederhanaan desain antarmuka dan aksesibilitas bagi pengguna pemula. Selain itu, aspek *usability* dan integrasi fitur pembelajaran yang komprehensif dalam satu aplikasi masih tergolong minim, sehingga berpotensi menyulitkan pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknologi [13]. Beberapa kajian literatur juga menegaskan bahwa pengembangan AR dalam bidang pendidikan masih membutuhkan pendekatan yang lebih berorientasi pada pengalaman pengguna dan strategi pedagogik yang terintegrasi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan aplikasi AR berbasis *marker* yang stabil secara teknis, mudah digunakan pada perangkat Android, serta dirancang khusus sebagai media pembelajaran bagi pemula.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi AR berbasis *marker* yang stabil secara teknis namun tetap mudah digunakan pada perangkat Android, yang dirancang khusus sebagai media pembelajaran bagi pemula. Kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini adalah hadirnya alternatif media pembelajaran yang lebih imersif, peningkatan akurasi visualisasi komponen *hardware*, serta menjadi dasar bagi pengembangan fitur pembelajaran lanjutan di masa mendatang..

2. METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini Adalah pendekatan penelitian dan pengembangan (Research and Development) dengan tujuan menghasilkan sebuah aplikasi *Augmented Reality* (AR) berbasis *marker* sebagai media pembelajaran pengenalan komponen *hardware* komputer. Proses pengembangan dari aplikasi ini dilakukan menggunakan model *Waterfall*, Karena model ini memiliki tahapan yang sistematis, terstruktur, dan sesuai untuk pengembangan aplikasi edukasi dengan kebutuhan system yang telah ditentukan secara jelas [14], [15].

Tahapan penelitian mengikuti alur model *Waterfall* yang terdiri dari empat tahap utama, yaitu analisis kebutuhan, perancangan system, implementasi, dan pengujian. Alur metode penelitian di tunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Waterfall

Pada setiap Tahapan penelitian akan memiliki setiap luaran pada tahap yang dilakukan. Seperti tabel di bawah ini.

Tabel 1. Tahapan Metode Penelitian Menggunakan Model *Waterfall*

No	Tahapan Penelitian	Aktivitas Utama	Luaran Tahap
1	Analisis Kebutuhan	Mengidentifikasi masalah dan kebutuhan fungsional serta nonfungsional aplikasi	Spesifikasi Kebutuhan sistem
2	Perancangan Sistem	Perancangan <i>flowchart</i> , <i>use case diagram</i> , antarmuka, dan <i>marker</i>	Desain sistem dan antarmuka
3	Implementasi	Pengembangan aplikasi AR menggunakan Unity, Vuforia, dan Blender	Aplikasi AR berbasis marker
4	Pengujian	Pengujian fungsional menggunakan <i>Black Box Testing</i>	Hasil pengujian aplikasi

2.1 Analisis Kebutuhan

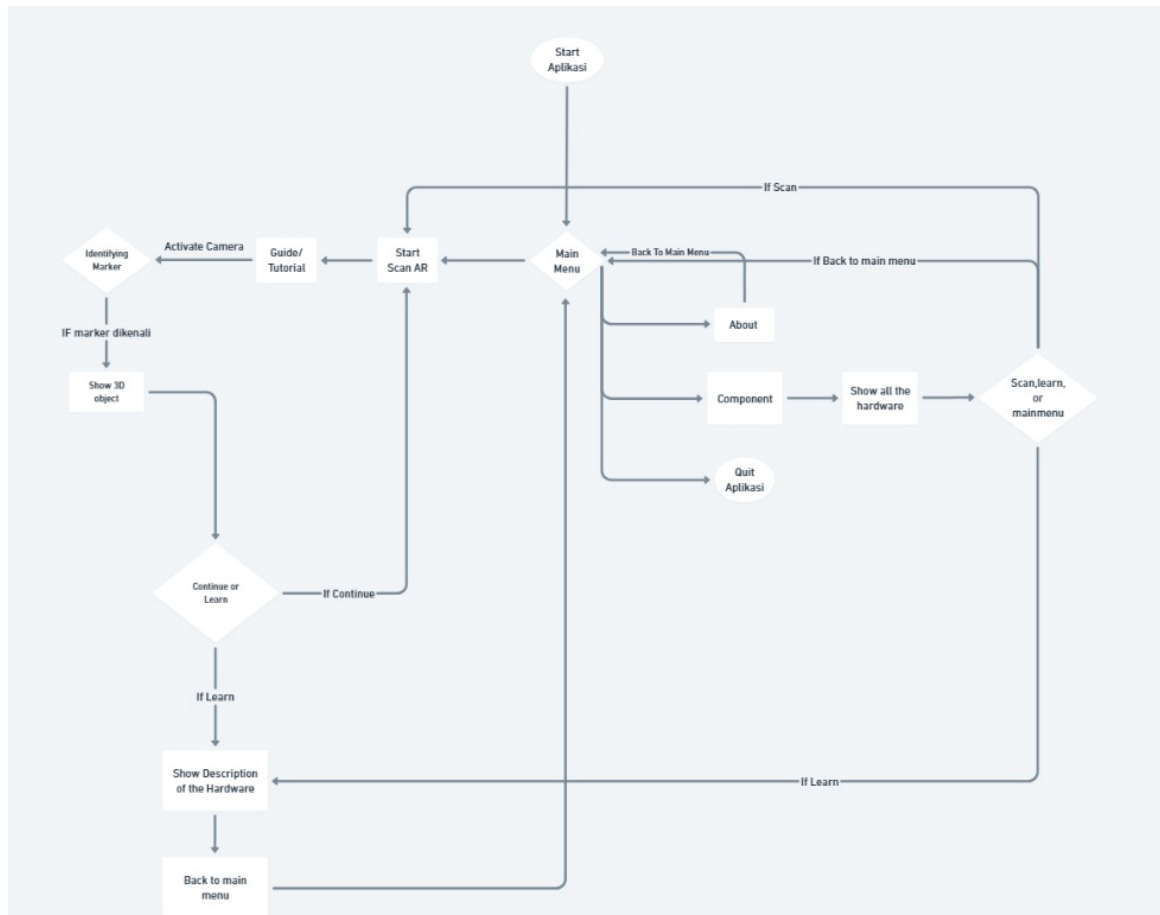
Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran *hardware* komputer serta kebutuhan pengguna terhadap aplikasi yang akan di kembangkan. Di dalam tahap dilakukan analisis kebutuhan fungsional dan nonfungsional aplikasi. Kebutuhan fungsional meliputi kemampuan aplikasi untuk melakukan *scan marker*, menampilkan objek 3D komponen *hardware* komputer, menampilkan nama dan informasi fungsi dari setiap komponen *hardware*, serta menyediakan navigasi menu yang mudah di gunakan rincian.

Tabel 2. Kebutuhan Fungsional Aplikasi

No	Kebutuhan Fungsional
1	Aplikasi dapat melakukan pindai <i>marker</i>
2	Aplikasi menampilkan objek 3D <i>hardware</i> komputer
3	Aplikasi menampilkan nama dan fungsi komponen <i>hardware</i>
4	Aplikasi menyediakan menu navigasi yang mudah digunakan
5	Aplikasi dapat dijalankan pada perangkat android

2.2 Perancangan Sistem

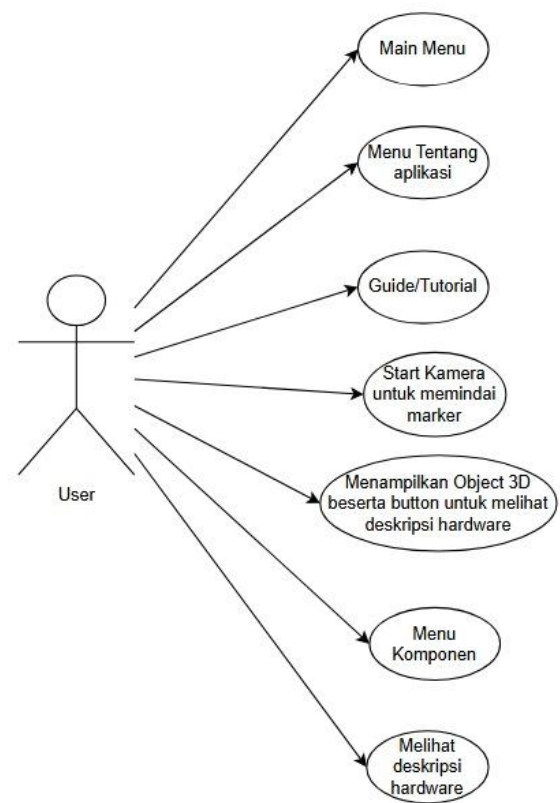
Pada tahap ini, dilakukan untuk merancang alur penggunaan aplikasi dan interaksi antara pengguna dengan aplikasi, serta *use case diagram* untuk menggambarkan hubungan antara pengguna dan fitur aplikasi. Alur penggunaan aplikasi ditunjukan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart

Pada Gambar 2, saat pengguna membuka aplikasi, pengguna akan di arahkan ke *main menu* (halaman utama aplikasi). Dalam halaman utama terdapat 4 menu yaitu *Scan*, *Komponen*, *About*, dan *Exit*, pada halaman *scan* terdapat *Guide/Tutorial* untuk pengguna bagaimana cara menggunakan aplikasi tersebut untuk memunculkan objek 3D *hardware* komputernya, setelah itu apabila pengguna melanjutkan ke halaman berikutnya pengguna diminta untuk memperbolehkan aplikasi untuk mengakses kamera lalu pengguna dapat memindai *marker* yang sudah di tentukan, apabila *marker* sudah benar maka objek 3D akan langsung muncul dan pengguna dapat melakukan *scan* ke *marker* yang lain untuk memunculkan objek 3D yang berbeda atau pengguna dapat menekan tombol *learn* untuk mengetahui fungsi dari *hardware* komputer tersebut, setelah itu pengguna dapat kembali ke *main menu* untuk mulai *scan marker* yang lain. Pada halaman *komponen* pengguna dapat melihat apa saja *hardware* yang dapat diketahui atau yang ada di dalam aplikasi ini dan pengguna bisa menekan tombol *learn* langsung tanpa *scan marker* terlebih dahulu, namun apabila pengguna ingin melakukan *scan* *marker* setelah melihat fungsi dari *hardware* tersebut, pengguna dapat menekan tombol *scan* yang akan di arahkan langsung ke kamera. Pada halaman *about* berisi tentang deskripsi aplikasi dan kegunaannya serta informasi tim pengembang aplikasi ini.

Selain itu, *use case diagram* digunakan untuk menggambarkan interaksi yang dapat dilakukan pengguna, seperti membuka aplikasi, melihat objek 3D *hardware*, serta melihat informasi fungsi komponen, desain antarmuka pengguna juga dirancang agar sederhana, intuitif, dan mendukung proses pembelajaran. *Use case diagram* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Use Case Diagram

2.3 Implementasi

Tahap ini merupakan proses penerapan perancangan system ke dalam bentuk aplikasi yang bisa dijalankan. Aplikasi dikembangkan menggunakan Unity sebagai game engine, Vuforia SDK sebagai pendukung teknologi *Augemented Reality* berbasis *marker*, dan Blender sebagai alat untuk membuat aset objek 3D komponen *hardware* komputer. Target platform yang digunakan adalah android. Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan aplikasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Perangkat dan Perangkat Lunak

Komponen	Spesifikasi
Platform	Android
Game Engine	Unity
SDK Augmented Reality	Vuforia SDK
Software 3D	Blender
Metode AR	Marker-Based Tracking
Bahasa Pemrograman	C#

2.4 Pengujian

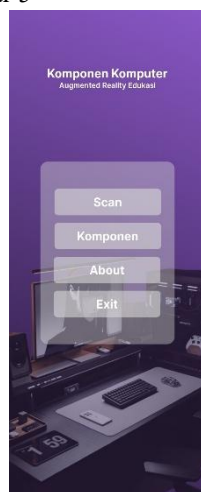
Tahap ini dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan atau alur yang sudah di tentukan. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing*, yaitu pengujian yang berfokus pada fungsi dari aplikasi tanpa memperhatikan struktur kode program. Pengujian ini meliputi fungsi menu utama, *scan marker*, menampilkan objek 3D, navigasi antar halaman, serta penampilan informasi fungsi komponen *hardware*. Selain itu pengujian ini juga dilakukan pada beberapa *smartphone* Android dengan versi sistem operasi dan layer yang berbeda untuk memastikan apakah aplikasi kompatible dan lancar di jalankan di *smartphone* dan versi system operasi yang berbeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian ini berupa aplikasi *Augmented Reality* berbasis *marker* yang di kembangkan sebagai media pembelajaran untuk pengenalan *hardware* komputer pada perangkat Android. Aplikasi yang dihasilkan memiliki beberapa fitur utama yaitu halaman *main menu*, halaman *guide/tutorial*, halaman *scan marker*, halaman daftar komponen *hardware*, halaman informasi fungsi dari komponen, serta halaman informasi aplikasi. Seluruh fitur di rancang guna memudahkan pengguna, khususnya pemula yang belum terlalu mengetahui setiap fungsi dan nama dari komponen *hardware* komputer dan ingin mempelajarinya secara interaktif.

Tampilan awal aplikasi Ketika pengguna membuka aplikasi untuk pertama kali berupa halaman utama yang menyediakan navigasi ke seluruh fitur. Selanjutnya, pengguna dapat memilih menu *scan* untuk memulai proses pemindaian *marker* tapi sebelum memindai pengguna akan terlebih dahulu melihat halaman *guide/tutorial* untuk memudahkan pengguna dalam menggunakan aplikasi. Contoh tampilan antarmuka aplikasi di tunjukan pada Gambar 4 dan Gambar 5



Gambar 4. Halaman Utama

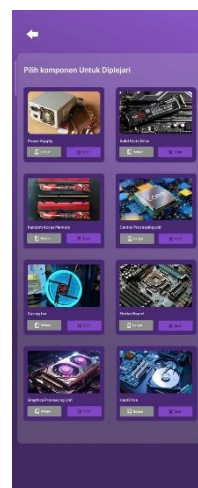


Gambar 5. Halaman *Guide/tutorial*

Selain itu, pengguna dapat memilih menu *About* atau komponen untuk melihat informasi dari aplikasi dan tujuan aplikasi di buat, atau dapat melihat daftar *hardware* yang tersedia di dalam aplikasi ini. Contoh tampilan antarmuka aplikasi di tunjukan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Halaman About



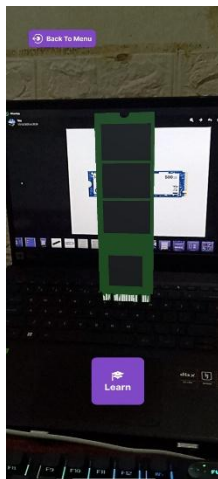
Gambar 7. Halaman Komponen

Pada menu *scan*, aplikasi akan meminta pengguna untuk mengaktifkan kamera *smartphone* untuk mendeteksi *marker* yang telah ditentukan. Ketika *marker* terdeteksi, aplikasi secara otomatis akan menampilkan objek 3D komponen *hardware* komputer yang sesuai dengan *marker* tersebut. Objek 3D ditampilkan secara *real-time* pada layar perangkat dan dapat diamati. Contoh *marker* dan hasil dari *scan* ditunjukan pada gambar 8 dan 9.



Gambar 9. Marker SSD

Sumber : <https://www.kingston.com/id/ssd/nv3-nvme-pcie-ssd>



Gambar 10. Hasil Scan Marker SSD

Selain menampilkan visualisasi objek 3D, aplikasi ini juga menyediakan tombol *learn* yang apabila pengguna menekan tombol tersebut akan di arahkan ke halaman informasi fungsi komponen *hardware* yang sedang di *scan*/dipelajari. Halaman ini berisi penjelasan singkat mengenai fungsi dan peran komponen dalam sistem komputer. Contoh halaman informasi fungsi *hardware* ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Halaman deskripsi fungsi *Hardware* SSD

3.2 Hasil pengujian aplikasi

Pengujian aplikasi dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memastikan bahwa seluruh fungsi aplikasi berjalan sesuai dengan alur yang telah ditentukan. Pengujian meliputi pengujian navigasi menu, *scan marker*, menampilkan objek 3D serta penampilan halaman informasi fungsi komponen *hardware*. Ringkasan hasil pengujian fungsional disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Menggunakan metode *Black Box*

Pengujian	Aksi	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian
Halaman Utama	Membuka Aplikasi	Menampilkan main menu dengan 4 fitur yang tersedia	Berhasil
Halaman Scan	Memulai scan	Menampilkan Guide/Tutorial lalu mengaktifkan kamera <i>smartphone</i> pengguna	Berhasil
Halaman Komponen	Menekan button Komponen	Menampilkan komponen hardware yang ada dalam aplikasi	Berhasil
Halaman About	Menekan button About	Menampilkan deskripsi aplikasi, tujuan aplikasi, dan tim pengembang	Berhasil
Pendeteksian Marker	Mengarahkan kamera ke target marker yang sudah di tentukan oleh aplikasi	Menampilkan objek 3D dari marker yang sudah di scan	Berhasil
Menampilkan halaman informasi fungsi hardware	Menekan button <i>learn</i> setelah melakukan scan pada target marker	Menampilkan halaman informasi fungsi hardware yang di scan oleh pengguna	Berhasil

Selain Pengujian fungsional, pengujian juga dilakukan pada beberapa *smartphone* Android dengan spesifikasi yang dan versi sistem operasi yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi dapat dijalankan dengan lancar pada seluruh *smartphone*. Ringkasan Pengujian kompatibilitas *smartphone* ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian menggunakan perangkat *smartphone*

Merk <i>smartphone</i>	Versi Android	Ukuran Layar	Hasil
Xiaomi 14T Pro	15	6,67 inci	Lancar
Samsung Galaxy A05	13	6,7 inci	Lancar
Infinix Note 40 Pro	14	6,78 inci	Lancar
Redmi 12	13	6,79 inci	Lancar

3.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil dari implementasi dan pengujian aplikasi AR berbasis *marker* yang telah dikembangkan terbukti mampu menjalankan fungsi utamanya sebagai media pembelajaran pengenalan komponen *hardware* komputer. Visualisasi objek 3D yang ditampilkan secara *real-time* memberikan pengguna pengalaman belajar yang lebih interaktif di bandingkan dengan media pembelajaran konvensional yang menggunakan buku dan gambar 2D. Hal ini memungkinkan pengguna untuk memahami bentuk fisik dari komponen *hardware* dengan lebih baik.

Penggunaan metode *marker-based tracking* menunjukan kinerja deteksi yang stabil pada kondisi penggunaan normal. *Marker* dapat dikenali dengan baik dan mampu memunculkan objek 3D secara cepat dan mudah, sehingga memudahkan dan mendukung kenyamanan pengguna Ketika menggunakan aplikasi ini. Temuan ini menunjukan bahwa *marker-based tracking* merupakan pendekatan yang tepat untuk pengembangan media pembelajaran AR berbasis *smartphone*.

Dari sisi pembelajaran, integrasi antara visualisasi objek 3D dan penyajian informasi fungsi dari *hardware* memberikan nilai tambah dalam proses pembelajaran. Pengguna bukan hanya dapat melihat bentuk fisik dari *hardware* itu sendiri melainkan dapat mengetahui juga apa fungsi dan kegunaan dari *hardware* tersebut. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian yang dilakukan masih terbatas pada

pengujian fungsional aplikasi dan kompatibilitas *smartphone*, sehingga belum mengukur secara langsung peningkatan hasil belajar pengguna. Selain itu, jumlah komponen yang ditampilkan masih terbatas dan belum dilengkapi dengan fitur evaluasi pembelajaran seperti kuis atau simulasi perakitan komputer. Keterbatasan ini menjadi peluang pengembangan lebih lanjut pada penelitian selanjutnya.

4. SIMPULAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa aplikasi *Augmented Reality* berbasis *marker* untuk pengenalan komponen *hardware* komputer berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Aplikasi mampu menampilkan objek 3D komponen *hardware* komputer secara *real-time* berdasarkan *marker* yang dipindai, serta menyajikan informasi fungsi setiap komponen secara interaktif melalui perangkat android.

Hasil pengujian menggunakan metode *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh fitur dari aplikasi termasuk navigasi menu, *scan marker*, visualisasi objek 3D, dan menampilkan halaman informasi fungsi komponen, dan menampilkan halaman informasi fungsi setiap komponen *hardware*, berjalan dengan baik dan lancar tanpa ditemukan kesalahan fungsional. Selain itu, pengujian pada beberapa perangkat *smartphone* dengan spesifikasi dan versi sistem operasi yang berbeda menunjukkan bahwa aplikasi memiliki Tingkat kompatibilitas dan kinerja yang baik.

Dengan demikian, aplikasi AR berbasis *marker* yang dikembangkan dalam penelitian ini berpotensi menjadi media pembelajaran alternatif yang interaktif dan mudah diakses untuk membantu pengguna, khususnya pelajar pemula, dalam memahami bentuk dan fungsi komponen *hardware* komputer. Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada pengujian fungsional, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk mengevaluasi efektivitas aplikasi terhadap peningkatan hasil belajar pengguna serta pengembangan fitur pembelajaran yang lebih interaktif.

5. SARAN

Berdasarkan hasil dari keterbatasan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Pertama, aplikasi *Augmented Reality* berbasis *marker* yang dikembangkan dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur kuis interaktif guna mengukur peningkatan pemahaman pengguna terhadap materi *hardware* komputer. Kedua, pengembangan selanjutnya disarankan untuk menambahkan simulasi perakitan komputer secara interaktif, baik melalui animasi maupun mekanisme *drag-and-drop*, sehingga pengguna tidak hanya mengenal komponen *hardware*, tetapi juga memahami proses perakitan komputer secara lebih komprehensif. Ketiga, Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variasi komponen *hardware* komputer yang ditampilkan dalam aplikasi, serta mengoptimalkan desain *marker* agar aplikasi tetap stabil pada kondisi pencahayaan dan sudut pemindaian.

Terakhir, diperlukan pengujian berbasis pengguna dengan melibatkan responden secara langsung untuk mengevaluasi aspek *usability*, Tingkat kepuasan pengguna, serta efektivitas aplikasi sebagai media pembelajaran. Dengan pengembangan dan evaluasi ini, aplikasi diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih signifikan dalam mendukung pembelajaran *hardware* komputer berbasis teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. K. Gupta, "Computer literacy: Essential in today's computer-centric world," *ResearchGate*, Aug. 2025, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/220613289_Computer_literacy_Essential_in_today's_computer-centric_world
- [2] I Gusti Agung Michael Swisnandya, I. N. E. Mertayasa, and I. N. I. Wiradika, "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN AUGMENTED REALITY INFORMATIKA PADA ELEMEN SISTEM KOMPUTER UNTUK SISWA DI SMP NEGERI 1 SERIRIT," *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)*, vol. 14, no. 1, pp. 14–25, Mar. 2025, doi: 10.23887/karmapati.v14i1.92211.
- [3] I. W. Y. Maheswara, I. G. B. Subawa, and I. N. I. Wiradika, "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN AUGMENTED REALITY (AR) PADA PENGENALAN KOMPONEN CPU KOMPUTER UNTUK SISWA SEKOLAH MENENGAH PERTAMA NEGERI 4 SINGARAJA," *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)*, vol. 13, no. 2, pp. 117–127, Aug. 2024, doi: 10.23887/karmapati.v13i2.82937.
- [4] D. Mulyanto *et al.*, "Penerapan Media Augmented Reality Untuk Pengenalan Perangkat Komputer Pada Siswa SDN 02 Pagerukir," *JGEN: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 5, pp. 733–739, Sep. 2025, doi: 10.60126/jgen.v3i5.1235.

- [5] N. Tuli, G. Singh, A. Mantri, and S. Sharma, “Augmented reality learning environment to aid engineering students in performing practical laboratory experiments in electronics engineering,” *Smart Learning Environments*, vol. 9, no. 1, p. 26, Aug. 2022, doi: 10.1186/s40561-022-00207-9.
- [6] Y. A. Alkhabra, U. M. Ibrahim, and S. A. Alkhabra, “Augmented reality technology in enhancing learning retention and critical thinking according to STEAM program,” *Humanit Soc Sci Commun*, vol. 10, no. 1, p. 174, Apr. 2023, doi: 10.1057/s41599-023-01650-w.
- [7] H. Ashari and Elfira Makmur, “Desain Pembelajaran Inovatif: Implementasi Aplikasi Quiver Berbasis Augmented Reality Dalam Perkuliahan,” *Jurnal MediaTIK*, pp. 7–12, Jan. 2024, doi: 10.59562/mediatik.v7i1.1299.
- [8] E. Martin, J. Castéra, H. Cheneval-Armand, and P. Brandt-Pomares, “The use of augmented reality for inquiry-based activity about the phenomenon of seasons: effect on mental effort and learning outcomes,” *Front Educ (Lausanne)*, vol. 8, Jul. 2023, doi: 10.3389/educ.2023.1223656.
- [9] P. A. Ngitung, R. Laila, Y. Anshori, R. Rinianty, and R. Azhar, “IMPLEMENTASI AUGMENTED REALITY (AR) SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PENGENALAN BANGUN RUANG BAGI SISWA SEKOLAH DASAR MENGGUNAKAN MARKER BASED TRACKING BERBASIS ANDROID,” *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 10, no. 3, pp. 2202–2215, Aug. 2025, doi: 10.29100/jupi.v10i3.6400.
- [10] D. E. Kurniawan, K. Fatmawati, and S. Sanora, “Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Virtual Museum Airlangga Kota Kediri,” *Seminar Nasional Teknologi & Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 273–278, 2022, doi: 10.29407/stains.v1i1.1446.
- [11] A. Sidik Mulyana and Sri Wulandari, “APLIKASI MOBILE AUGMENTED REALITY HEWAN 3D SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ANAK – ANAK,” *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, vol. 6, no. 2, pp. 203–213, Nov. 2023, doi: 10.36595/jire.v6i2.986.
- [12] M. Dion, H. Mulyono, and H. Kurniawan, “Indonesia PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN AUGMENTED REALITY PADA MATERI PERANGKAT KERAS KOMPUTER,” *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Teknologi Informasi (JIPTI)*, vol. 6, no. 1, pp. 238–249, Apr. 2025, doi: 10.52060/jipti.v6i1.2863.
- [13] Z. M. Arshad, M. Nor, and A. Azman, “Evaluating the Usability of a Marker-Based Augmented Reality Application for Electronics Learning in Secondary Education,” *Journal of Advanced Research Design Journal homepage*, vol. 135, pp. 275–284, 2025, doi: 10.37934/ard.135.1.275284.
- [14] S. Sallu, Y. Harsono, and O. Fajarianto, “Implementation of Waterfall Method in Model Development to Improve Learning Quality of Computer Network Courses,” vol. 25, no. 3, pp. 496–513, 2023, doi: 10.21009/JTP2001.6.
- [15] A. Hamid, B. R. Prabowo, A. Syarif, and B. Abdi Setiawan, “Pengembangan Aplikasi Lamar Bagawi dengan Metode SDLC Waterfall untuk Pengelolaan Lowongan Kerja di Kabupaten Balangan,” *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 5, no. 2, Feb. 2025, doi: 10.52436/1.jpti.658.