

Simulasi Pengenalan dan Instalasi PC berbasis *Augmented reality* dengan Metode *Single marker*

Pratama Benny Herlandy¹, Agus Satria², Edi Ismanto³

^{1,2,3}Pendidikan Informatika FKIP Universitas Muhammadiyah Riau
Jl. Tuanku Tambusai, Pekanbaru, 28294 Riau

e-mail: ¹pratamabenny@umri.ac.id ²agussatria23@gmail.com ³edi.ismanto@umri.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah media simulasi yang dapat membantu peserta didik SMK untuk memahami materi tentang pengenalan komponen dan teknik perakitan PC. Media yang dikembangkan adalah media berbasis *augmented reality* yang dapat menampilkan animasi 3D melalui proses pemindaian marker dengan metode *single marker*. Pengembangan dilakukan dengan menggunakan metode pengembangan ADDIE. Pengujian dilakukan dengan *alpha testing* dan *beta testing*. Pada *alpha testing* didapatkan hasil bahwa seluruh objek 3D komponen perakitan PC dapat ditampilkan dengan menggunakan satu marker. Kecepatan rata-rata untuk menampilkan visual animasi adalah 4,21 ms. Pada *beta testing*, dengan pengujian oleh 31 orang peserta didik SMK didapatkan respon bahwa media yang dikembangkan mendapatkan kualifikasi sangat baik dengan nilai rata 3,43 pada penilaian skala 4.

Kata kunci: *Augmented Reality, Single Marker, Pengenalan PC, Instalasi PC, SMK*

Abstract

The purpose of this development is to produce a simulation media that can help vocational students to understand the material about the introduction of computer components and PC installations. The media developed is an *augmented reality* based media that is displayed in 3D animation through a marker scanning process using the *single marker* method. Development is carried out using the ADDIE development method. Tests carried out with *alpha testing* and *beta testing*. In *alpha testing*, the results of all 3D objects of PC components can be read using one marker. The average speed for displaying visual animation is 4.21 ms. In *beta testing*, by testing by 31 SMK students getting responses from the media obtained getting very good qualifications with an average value of 3.43 on a scale 4 Assessment.

Keywords: *Augmented Reality, Single Marker, PC Introduction, PC Installation, Vocational School*

1. Pendahuluan

Keberadaan teknologi kini semakin berkembang khususnya *smartphone*. Manfaat-manfaat yang ada dari keberadaan teknologi tersebut harus terus digali demi kelangsungan hidup yang lebih baik. Fenomena ini tentu menjadi tantangan dan peluang di dalam dunia pendidikan. Tantangan tersebut adalah penyalahgunaan untuk hal-hal yang negatif. Disamping menjadi tantangan keberadaan *smartphone* juga membawa peluang untuk perkembangan teknologi di bidang pendidikan. Salah satu manfaat yang bisa diambil yaitu dengan memanfaatkannya sebagai media pembelajaran yang efektif, kreatif dan edukatif. Sehingga media aplikasi edukatif dapat terus dikembangkan salah satunya adalah teknologi *Augmented reality (AR)*.

Augmented reality adalah penggabungan dunia nyata dan virtual yang berjalan secara interaktif dalam waktu nyata (*realtime*). Aplikasi ini menggunakan animasi 3D sebagai tampilan objek [1]. Dengan tampilan animasi 3D dapat membuat tampilan objek

lebih dekat kepada lingkungan nyata (*real*). *Augmented reality* (AR) merupakan salah satu bagian dari *Virtual Environment* (VE) atau yang biasa dikenal dengan *Virtual Reality* [2], [3]. AR memberikan gambaran kepada pengguna tentang penggabungan dunia nyata dengan dunia maya dilihat dari tempat yang sama. AR memiliki tiga karakteristik yaitu bersifat interaktif (meningkatkan interaksi dan persepsi pengguna dengan dunia nyata), menurut waktu nyata (*real time*) dan berbentuk 3 dimensi.

Tidak seperti realitas maya yang sepenuhnya menggantikan kenyataan, namun *Augmented reality* hanya menambahkan atau melengkapi kenyataan. Benda-benda maya menampilkan informasi yang tidak dapat diterima oleh pengguna dengan panca indra [4]. *Augmented reality* sebagai sistem yang memiliki karakteristik diantaranya adalah dapat menggabungkan lingkungan nyata dan virtual, berjalan secara interaktif dalam waktu nyata dan memiliki integrasi dalam tiga dimensi. Hal ini membuat *augmented reality* sesuai sebagai alat untuk membantu persepsi dan interaksi penggunanya dengan dunia nyata melalui medianya. Informasi yang ditampilkan oleh benda maya membantu pengguna melaksanakan kegiatan-kegiatan dalam dunia nyata.

Pengembangan AR sebagai teknologi komputer didasarkan pada bidang keilmuan pengolahan citra digital. Konsep pengenalan pola pada Teknik pengolahan citra digital merupakan dasar pengembangan teknologi *augmented reality*. Pengembangan objek *augmented reality* terdiri dari komponen komputer, marker dan kamera. Marker dapat dibuat dalam bentuk barcode ataupun bentuk gambar virtual langsung [5], [6]. Melalui pengenalan pola maka memungkinkan pengguna *augmented reality* dapat menampilkan bentuk virtual dari sebuah objek dalam bidang 3D.

Pemanfaatan AR sebagai media pendidikan dapat dipilih sebagai solusi terhadap permasalahan keterbatasan sarana dan prasarana dalam proses pembelajaran. Kendala yang ditemui dalam proses pembelajaran di SMK diantaranya adalah tidak terpenuhinya kebutuhan laboratorium yang memadai bagi peserta didik untuk melaksanakan praktikum dari pembelajaran produktif. Hasil observasi di beberapa SMK di Kota Pekanbaru di bidang keahlian Teknik Komputer dan jaringan, terdapat permasalahan dalam pelaksanaan pembelajaran produktif kejuruan seperti kurangnya fasilitas belajar, manajemen pembelajaran di Lab yang tidak optimal dan kurangnya pantauan dari guru ketika peserta didik melaksanakan praktikum di Lab. Jika pembelajaran produktif tidak berlangsung secara efektif, maka akan berdampak terhadap pencapaian kompetensi peserta didik dalam bidang keahliannya.

Secara umum, laboratorium di SMK yang terdapat di kota pekanbaru, tidak memungkinkan peserta didik untuk menggunakan 1 perangkat komputer (PC) untuk 1 peserta didik, yang terjadi adalah 1 PC digunakan oleh 2-3 peserta didik. Tentunya keadaan tersebut menjadi penghalang bagi peserta didik dalam mencapai kompetensi kejuruan yang menjadi tujuan dari pelaksanaan kelompok bidang studi produktif. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka diperlukan solusi terkait pengadaan laboratorium bagi peserta didik untuk belajar. Salah satu usulan solusi tersebut adalah melalui menghadirkan konsep laboratorium virtual.

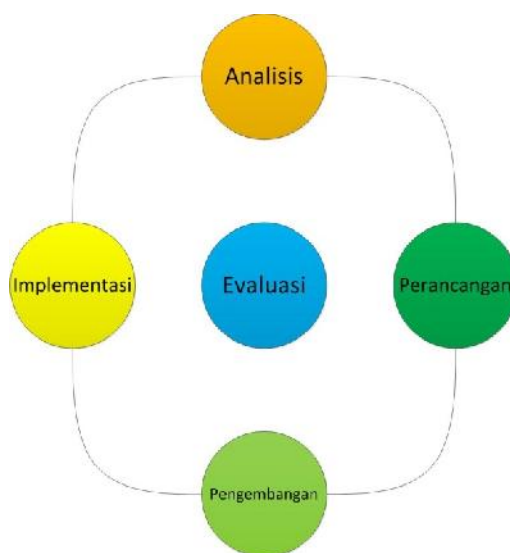
Laboratorium virtual dapat memfasilitasi peserta didik dalam perihal praktikum secara praktis melalui lingkungan yang bersifat virtual [7][8][9]. Saat ini lingkungan virtual yang tengah berkembang dalam aplikasinya bagi pembelajaran adalah aplikasi laboratorium virtual berbasis *augmented reality* [10][11]. *Augmented reality* dapat menjadi fasilitas untuk menggabungkan benda maya dua

dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam waktu nyata.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan simulasi pengenalan dan instalasi PC berbasis *augmented reality* sebagai media pembelajaran di SMK. Simulasi dibuat sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di SMK dan selanjutnya diujicobakan pada pengguna untuk mendapatkan respon dan data kesesuaian animasi 3D yang dikembangkan terhadap kebutuhan pembelajaran. Penelitian yang dilakukan juga dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan kualitas pembelajaran kejuruan di Indonesia melalui penerapan teknologi terbarukan yang berorientasi pada revolusi industri 4.0.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Pengembangan simulasi yang dilakukan mengacu pada model pengembangan ADDIE. Model pengembangan ini terdiri dari 5 tahapan yaitu *Analysis* (Analisis), *Design* (Perancangan), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi) dan *Evaluation* (Evaluasi).



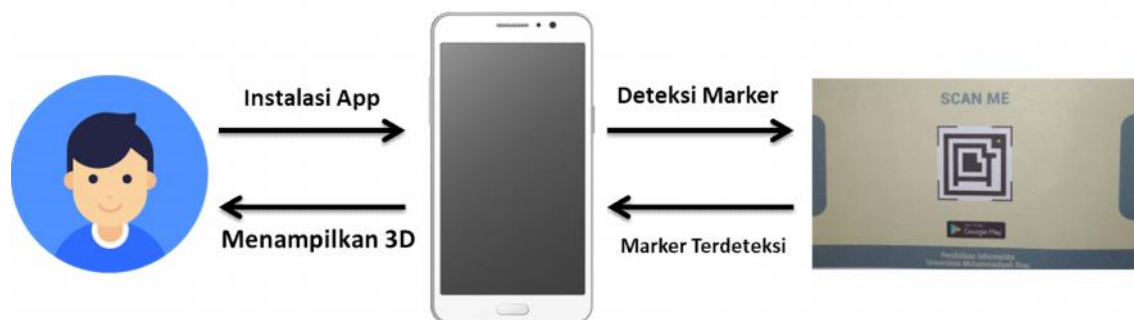
Gambar 1. Tahap Model Pengembangan ADDIE

2.1. Tahapan Analisis

Pada tahap analisis dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam pengembangan media berbasis *Augmented reality*. Data dikumpulkan berkaitan dengan mata pelajaran komputer dan jaringan dasar pokok bahasan perakitan komputer berupa: silabus, ketertarikan peserta terhadap media pembelajaran yang digunakan oleh pendidik.

2.2. Tahapan Desain

Tahap desain media dilakukan berdasarkan data yang didapatkan dari tahap analisis, meliputi pembuatan *flowchart*, *use case* dari aplikasi media dan pengumpulan bahan-bahan dalam pengembangan media. Desain aplikasi yang dirancang dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Desain Aplikasi Augmented reality

2.3. Tahapan Pengembangan

Pada tahapan pengembangan hasil desain selanjutnya dikembangkan dan diproduksi untuk dibuat objek 3D nya. Pada tahap pengembangan, perangkat lunak yang digunakan adalah unity, blender, vuforia dan android studio. Fungsi dari setiap perangkat lunak yang disebutkan dapat dideskripsikan pada tabel berikut. Marker yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah berupa *single marker* multi object. Marker yang diproduksi hanya dalam bentuk satu marker namun dapat digunakan untuk menampilkan beberapa objek 3D sekaligus[12].

Tabel 1. Deskripsi Fungsi Perangkat Lunak dalam Pengembangan Augmented reality

No.	Nama Perangkat	Fungsi
1	Unity	Integrasi objek 3D dengan marker agar dapat dideteksi oleh kamera
2	Vuforia	Sebagai generator barcode dari objek 3D yang akan ditampilkan
3	Blender	Desain objek dalam bentuk 3D dengan metode <i>augmented reality</i>
4	Android Studio	Untuk menghasilkan aplikasi yang telah dibuat dalam format (.apk)

2.4. Tahapan Implementasi

Dari proses pengembangan yang dilakukan maka dilakukan validasi dari ahli media dan ahli materi. Produk yang telah divalidasi kemudian direvisi, setelah itu baru didapatkan produk jadi yang siap diuji cobakan kepada peserta didik dan pendidik. Setelah media pembelajaran interaktif ini di validasi dan direvisi oleh ahli media dan ahli materi, maka pada tahap implementasi yang dilakukan yaitu menerapkan penggunaan media pembelajaran interaktif pokok bahasan perakitan komputer kepada pendidik dan peserta didik. Selanjutnya pendidik dan peserta didik mengisi angket terhadap media pembelajaran interaktif pokok bahasan perakitan komputer.

2.5. Tahapan Evaluasi

Tahap evaluasi media pembelajaran ini dilakukan setelah media diimplementasikan. Evaluasi dilakukan melalui uji coba produk. Uji coba produk dilakukan untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk melakukan revisi terhadap pengembangan media pembelajaran dalam penelitian ini. Adapun tahapan dalam desain uji coba produk pembelajaran dalam penelitian ini adalah *alpha testing* dan *beta testing*.

Pada tahapan alpha testing, ujicoba yang dilakukan adalah terhadap keberfungsian dari marker yang telah dirancang untuk menampilkan object 3D. Selain itu juga diuji resolusi animasi 3D yang telah dikembangkan dan kesesuaian animasi yang telah dikembangkan dengan kebutuhan pembelajaran.

Pada beta testing, pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan respon dari pengguna melalui uji coba kelompok kecil. Uji coba kelompok kecil dilakukan dengan melibatkan peserta didik kelas X jurusan Multimedia SMK Muhammadiyah 2 Pekanbaru. Hasil uji coba kelompok kecil berupa tanggapan dan saran terkait aplikasi yang telah dikembangkan akan dijadikan dasar revisi produk yang telah dikembangkan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Hasil analisis yang telah didapatkan bahwa silabus mata pelajaran Komputer dan Jaringan Dasar dipilih satu Kompetensi Dasar (KD) yaitu menerapkan perakitan komputer, menerapkan pengujian perakitan komputer dengan indikator pencapaian kompetensi berdasarkan materi yang dipilih untuk dimasukkan ke dalam media pembelajaran interaktif:

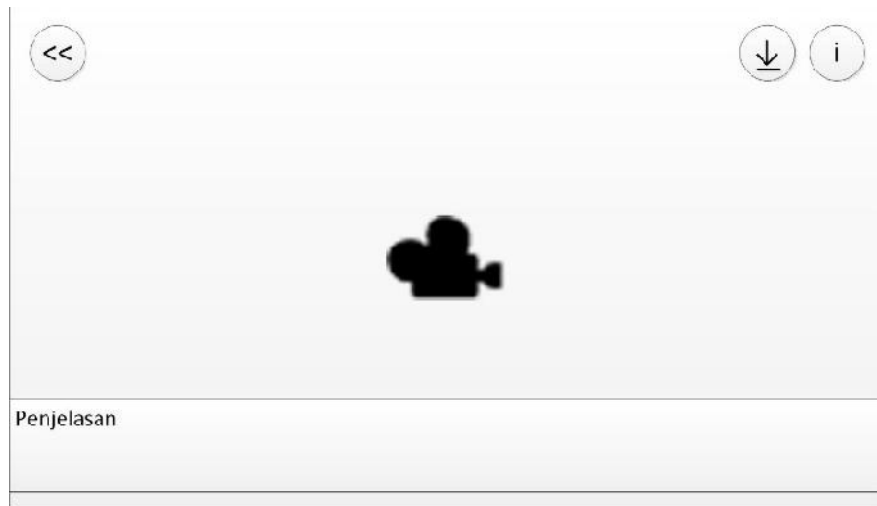
- 1) Menjelaskan bagian-bagian perangkat keras komputer
- 2) Menerapkan prosedur K3 perakitan komputer
- 3) Menentukan langkah-langkah perakitan komputer sesuai standar industri

Tahap yang kedua yaitu tahap desain. Sebelum membuat media pembelajaran peneliti membuat *flowchart* dan *storyboard*. Pembuatan *flowchart* dilakukan setelah mengetahui isi media dan isi materi. *Flowchart* berfungsi untuk menggambarkan alur dari satu scene ke scene lain dan menjelaskan setiap langkah pembuatan media secara logika.

Storyboard memuat alur media pembelajaran perakitan komputer dari awal sampai akhir media, Storyboard ini bertujuan untuk membuat beberapa frame yang menarik serta menjadi dasar pengembangan aplikasi. Adapun tampilan storyboard yang dimaksud disampaikan pada tabel berikut.



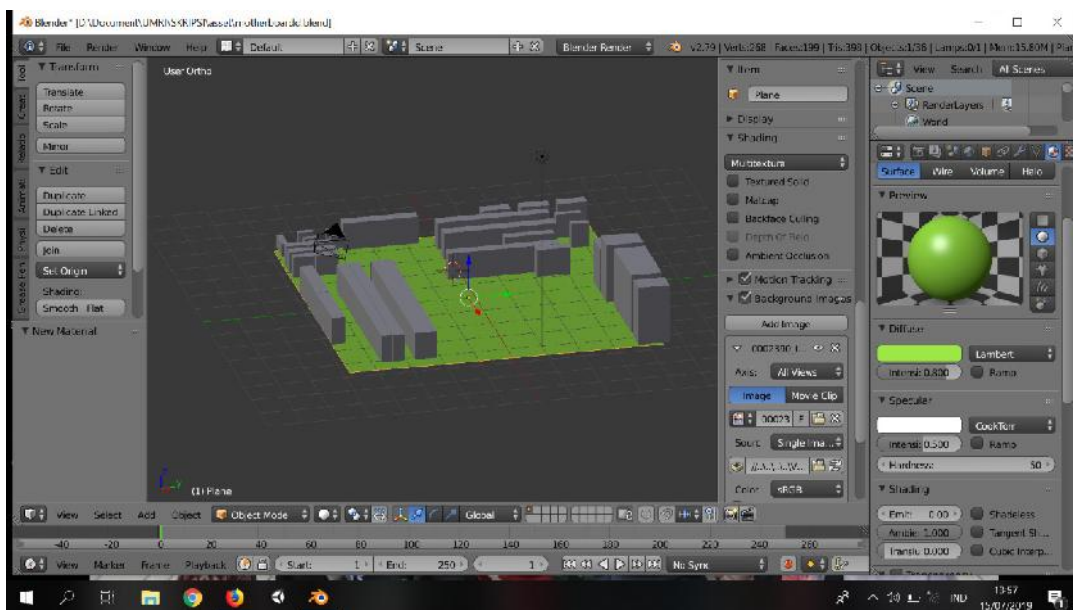
Gambar 3. Storyboard Aplikasi Augmented reality



Gambar 4. Desain Tampilan Visualisasi Object 3D pada Smartphone

3.3. Pengembangan Aplikasi

Pada bagian ini komponen yang ditampilkan dalam *augmented reality* diproduksi dalam bentuk model 3D. Konstruksi model 3D dari setiap komponen perakitan PC dilakukan dengan menggunakan aplikasi blender. Proses yang dilakukan adalah menampilkan dasar object dalam bentuk kubus ukuran 20x20. Dari kubus tersebut selanjutnya diproyeksikan dan dibentuk sehingga menjadi bentuk objek dari komponen sesuai dengan sketsa berupa foto ataupun scan gambar dari komponen yang akan diproyeksikan. Berikut adalah tampilan proses produksi objek 3D dengan menggunakan blender.



Gambar 5. Proyeksi Objek Motherboard dalam Bentuk 3D menggunakan Blender

Setelah Objek 3D selesai diproduksi, maka selanjutnya adalah mengupload seluruh objek kedalam perangkat Vuforia untuk mendapatkan marker dari objek yang telah diproduksi. Dengan menerapkan metode *single marker*, maka algoritma yang

dibangun adalah bahwa satu marker dalam bentuk barcode dapat digunakan untuk visualiasi objek 3D dari setiap komponen dan simulasi perakitan PC.

Adapun marker yang telah didapatkan dari hasil generasi oleh vuforia selanjutnya dimasukkan kedalam desain kartu yang telah didesain untuk menampilkan objek augmented reality. Adapun desain kartu *augmented reality* yang telah dilengkapi dengan marker objek sebagai berikut.



Gambar 6. Tampilan Kartu Augmented reality

Marker yang telah didapatkan diletakkan ditengah kartu untuk memudahkan akses menampilkan objek *augmented reality*. Marker yang telah didapatkan dari hasil produksi vuforia berbentuk barcode dengan model asimetris. Pemilihan pola sebagai tanda pengenalan objek adalah agar marker bisa digunakan untuk banyak objek. Jika dikembangkan dengan menggunakan gambar setiap objek, maka diperlukan banyak marker yang harus diproduksi.

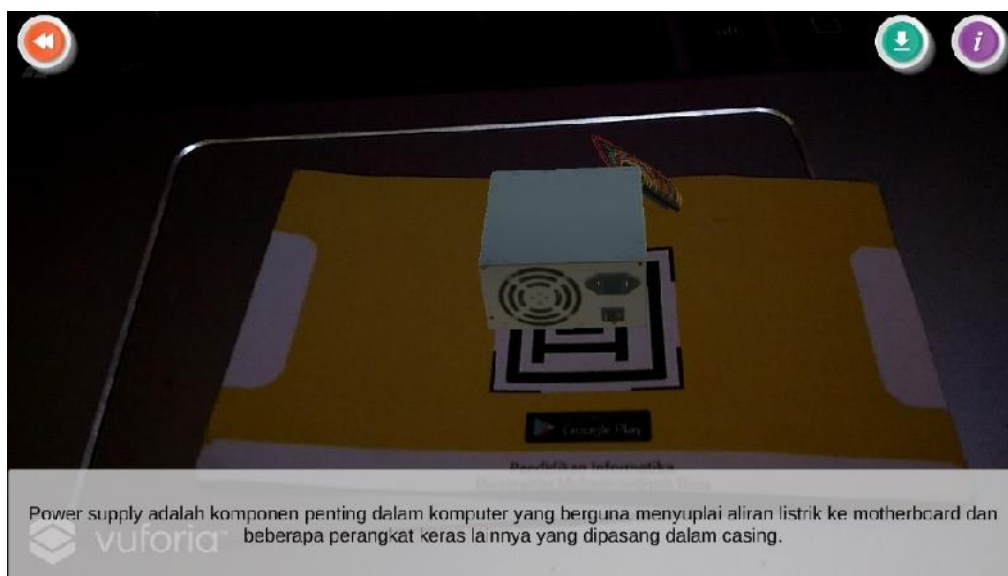
Setelah produksi objek dan marker didapatkan, maka selanjutnya adalah proses integrasi marker dan objek dalam aplikasi. Integrasi dilakukan dengan menggunakan Unity. Dengan menggunakan unity, dikembangkan tampilan antar muka dari aplikasisesuai dengan flowchart yang telah dikembangkan untuk dapat mengakses objek *augmented reality* yang telah dirancang. Adapun tampilan antar muka yang telah dikembangkan dengan Unity dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Tampilan Antar Muka Aplikasi Augmented reality

3.4. Pengujian Aplikasi

Pengujian *alpha testing* dari aplikasi *augmented reality* yang telah dikembangkan dilakukan terhadap aspek keterbacaan marker, kecepatan waktu keterbacaan objek dan tingkat resolusi dari objek *augmented reality*. Tampilan dari aplikasi yang telah dikembangkan dapat diakses dengan menggunakan aplikasi smartphone android pada OS minimum yaitu Andoid Jellybean.



Gambar 8. Visualisasi Object Augmented Reality pada Komponen Power Supply

Pengujian alpha testing dilakukan sebanyak 2 (dua) kali waktu percobaan. Adapun hasil pengujian yang telah dilakukan pada tahap 1 dapat dideskripsikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Alpha Testing Tahap Pertama

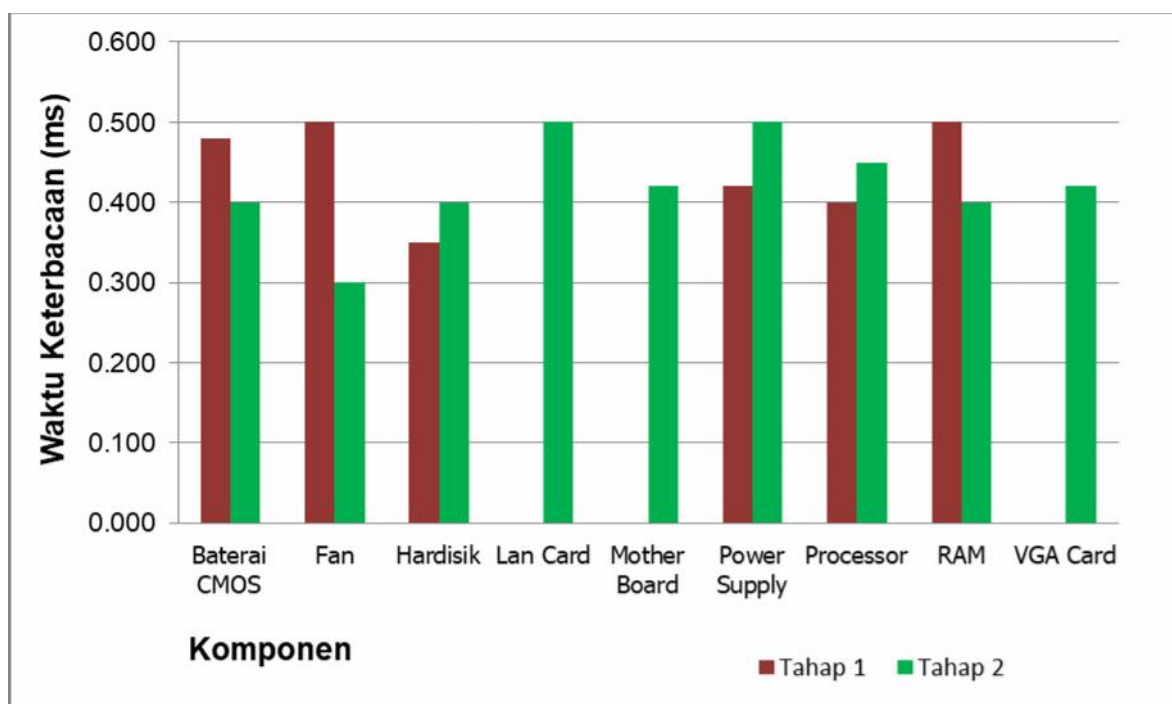
No.	Komponen	Keterbacaan Marker		Waktu Akses (ms)
		Ya	Tidak	
1	Baterai CMOS	V		0,48
2	Fan	V		0,50
3	Hardisik	V		0,35
4	Lan Card		V	NaN
5	Mother Board		V	NaN
6	Power Supply	V		0,42
7	Processor	V		0,40
8	RAM	V		0,50
9	VGA Card		V	NaN
	Jumlah	6	3	0,442

Dari pengujian tahap pertama didapatkan bahwa masih terdapat objek animasi 3D yang belum terbaca dengan menggunakan marker yang telah dibuat. Berdasarkan data tersebut maka dilakukan revisi terhadap proses pembuatan objek yang telah dilakukan. Setelah revisi dilaksanakan, maka dilakukan pengujian tahap kedua untuk mendapatkan data pada aspek yang sama dengan tahap pertama. Hasil pengujian tahap kedua secara detail dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Pegujian Tahap Kedua

No.	Komponen	Keterbacaan Marker		Waktu Akses (ms)
		Ya	Tidak	
1	Baterai CMOS	V		0,40
2	Fan	V		0,30
3	Hardisik	V		0,40
4	Lan Card	V		0,50
5	Mother Board	V		0,42
6	Power Supply	V		0,50
7	Processor	V		0,45
8	RAM	V		0,40
9	VGA Card	V		0,42
	Jumlah	9		0,421

Hasil alpha testing pada tahap kedua didapatkan data bahwa seluruh komponen telah dapat terbaca dengan baik dan dapat diukur waktu yang diperlukan untuk keterbacaan dari objek. Perbandingan waktu keterbacaan objek dar proses pengujian tahap pertama hingga kedua disajikan dalam grafik berikut.



3.5. Pembahasan

Pemanfaatan teknologi *augmented reality* untuk menghasilkan sebuah media simulasi pengenalan perangkat komputer dan instalasi PC dapat dilakukan dengan menggabungkan beberapa perangkat lunak yang telah dijelaskan. Setelah Alpha Testing dilakukan dengan hasil yang baik, maka dilakukan pengujian beta testing yaitu mengujikan aplikasi yang telah dikembangkan pada peserta didik.

Uji coba *beta testing* dilaksanakan di kelas X Multimedia 2 SMK Muhammadiyah 2 Pekanbaru dengan jumlah 31 peserta didik. peserta didik mencoba

media simulasi setelah peneliti mempresentasikan kedepan kelas. Setelah peserta didik selesai mencoba media tersebut, peserta didik mengisi angket responden yang telah disiapkan guna mengetahui kelayakan media simulasi. Aspek yang dinilai dari validasi media ini adalah aspek materi dan aspek media dengan skala 4 untuk dinilai dengan 7 butir item penilaian. Dari hasil penilaian tersebut, selanjutnya data dikonversi menjadi data kualitatif dengan pedoman konversi skor, pedoman konversi skor dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Pedoman Konversi Skor

Rumus	Rentang Skor	Kategori
$X \geq Mi + 1,5S_{Bi}$	$X \geq 3,25$	Sangat Baik
$Mi \leq X < Mi + 1,5S_{Bi}$	$2,5 \leq X < 3,25$	Baik
$Mi - 1,5S_{Bi} \leq X < Mi$	$1,75 \leq X < 2,5$	Cukup Baik
$X < Mi - 1,5S_{Bi}$	$X < 1,75$	Kurang Baik

Hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dideskripsikan pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil Beta Testing Media Simulasi

No.	Indikator	Jumlah Peserta Didik	Jumlah Skor	Rata-Rata	Kriteria
1	Kualitas penggunaan media	31	102	3,29	Sangat Baik
2	Kualitas proporsi warna dalam media	31	109	3,52	Sangat Baik
3	Kesesuaian gambar	31	111	3,58	Sangat Baik
4	Usabilitas simulasi	31	106	3,42	Sangat Baik
5	Daya dukung musik dan suara	31	105	3,39	Sangat Baik
6	Kualitas tampilan animasi 3D	31	105	3,39	Sangat Baik
7	Kemudahan pemilihan menu	31	106	3,42	Sangat Baik
Rata-Rata				3,43	Sangat Baik

Pengembangan media berbasis *augmented reality* sebagai sumber belajar pada pokok bahasan perakitan komputer. Media pembelajaran ini memiliki kelebihan yaitu adanya *augmented reality* pada perakitan komputer, sehingga peserta didik mampu memahami atau mengetahui komponen yang diperlukan dalam perakitan komputer. Penggunaan produk juga dapat dikontrol oleh peserta didik, produk memberikan kebebasan kepada peserta didik untuk memahami materi sesuai dengan kecepatan belajar yang peserta didik miliki.

Manfaat dari menggunakan multimedia dalam pembelajaran di sekolah adalah proses pembelajaran lebih menarik, lebih menarik, jumlah waktu mengajar dapat dikurangi, kualitas belajar siswa dapat ditingkatkan dan proses belajar mengajar dapat dilakukan dimana dan kapan saja, serta sikap belajar siswa dapat ditingkatkan [13][14][15]. Media berbasis *augmented reality* yang dikembangkan ini telah melalui tahapan-tahapan pengembangan sehingga menghasilkan produk media pembelajaran yang diharapkan yaitu layak sebagai media pembelajaran. Hasil penilaian dari peserta didik terhadap kelayakan media berbasis *augmented reality* pada uji coba mencapai skor

rerata 3,43 dengan kategori “Sangat Baik” sehingga media berbasis *augmented reality* yang dikembangkan berdasarkan penilaian dari peserta didik pada uji coba adalah layak sebagai media berbasis *augmented reality* pokok bahasan perakitan komputer.

4. Kesimpulan

Berdasarkan tahap pengembangan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan simulasi pengenalan komponen perakitan PC dan instalasi dapat dilakukan dengan tahapan pengembangan ADDIE. Prosedur pengembangan yang dilakukan adalah dengan menganalisis komponen dan instalasi PC yang dipelajari di SMK selanjutnya komponen tersebut dibuat dalam model animasi 3D. Setelah model 3D selesai dibangun, maka dikembangkan interface dan marker untuk menampilkan animasi 3D dalam model *augmented reality*.

Hasil alpha testing menunjukkan bahwa dari segi uji keterbacaan animasi dengan menggunakan *single marker* dapat dinyatakan bahwa marker yang digunakan dapat menampilkan segala bentuk objek 3D komponen perakitan PC yang telah dikembangkan. Untuk waktu kecepatan menampilkan visualisasi objek 3D pada simulasi yang telah dikembangkan dari 9 objek 3D yang diuji pada tahap pertama memiliki nilai rata-rata 0,442 ms dan terdapat tiga objek 3D yang tidak terbaca. Dari tahap kedua, revisi dilakukan untuk memperbaiki objek yang tidak dapat tampil. Setelah dilakukan revisi, maka seluruh objek 3D dapat terbaca melalui *smartphone android* dengan melakukan pemindaian terhadap *marker* yang digunakan. Waktu yang diperlukan untuk menampilkan objek juga mengalami peningkatan menjadi rata-rata 0,421 ms.

Hasil beta testing yang dilakukan terhadap 31 orang peserta didik SMK Muhammadiyah didapatkan data bahwa peserta didik tertarik dengan media simulasi yang telah dikembangkan. Respon peserta didik terhadap aplikasi yang telah dikembangkan mendapatkan nilai 3,43 pada skala 4 dengan kualifikasi sangat baik.

Daftar Pustaka

- [1] H. Kato, “Introduction to Augmented Reality,” *J. Inst. Image Inf. Telev. Eng.*, vol. 66, no. 1, pp. 53–56, 2012.
- [2] N. R. Raajan *et al.*, “Augmented reality based virtual reality,” *Procedia Eng.*, vol. 38, pp. 1559–1565, 2012.
- [3] M. Dunleavy, C. Dede, and R. Mitchell, “Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning,” *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 18, no. 1, pp. 7–22, Feb. 2009.
- [4] N. Imbert, F. Vignat, C. Kaewrat, and P. Boonbrahm, “Adding physical properties to 3D models in augmented reality for realistic interactions experiments,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 25, pp. 364–369, 2013.
- [5] M. E. Apriyani and R. Gustianto, “Augmented Reality sebagai Alat Pengenalan Hewan Purbakala dengan Animasi 3D menggunakan Metode Single Marker,” *J. INFOTEL - Inform. Telekomun. Elektron.*, vol. 7, no. 1, p. 47, 2015.
- [6] A. K. Wahyudi and I. N. Pangau, “Visualisasi Perkembangan Janin Manusia menggunakan Augmented Reality dengan teknik Single Marker Multi Object,” *Techno.Com*, vol. 17, no. 1, pp. 23–35, 2017.
- [7] J. Martin-Gutierrez, E. Guinters, and D. Perez-Lopez, “Improving Strategy of Self-Learning in Engineering: Laboratories with Augmented Reality,” *Procedia* -

- Soc. Behav. Sci.*, vol. 51, pp. 832–839, 2012.
- [8] M. Leask and N. Pachler, *Learning to Teach Using ICT in the Secondary School*. 2013.
- [9] P. B. Herlandy and M. Novalia, “Penerapan e-Learning pada Pembelajaran Komunikasi dalam Jaringan dengan Metode Blended learning Bagi Siswa SMK,” *J. Educ. Inform. Technol. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 24–33, 2019.
- [10] É. J. M. D. • É. Deleersnijder, “The boundary layer of the residence time,” *Ecosystems*, vol. 140, no. 2, pp. 247–262, 2013.
- [11] H. Pradibta, B. Harijanto, and D. W. Wibowo, “Penerapan Augmented Reality Sebagai Alternatif Media Pembelajaran,” *Smartics*, vol. 2, no. 2, pp. 43–48, 2016.
- [12] R. A. Setyawan and A. Dzikri, “Analisis Penggunaan Metode Marker Tracking Pada Augmented Reality Alat Musik Tradisional Jawa Tengah,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, p. 295, 2016.
- [13] W. S. Sari, I. N. Dewi, and A. Setiawan, “Multimedia Presentasi Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Pengenalan Pancaindra dalam Mendukung Mata Pelajaran IPA Tingkat Sekolah Dasar,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. Terap.*, vol. 2012, no. Semantik, pp. 24–29, 2012.
- [14] F. S. Arista and H. Kuswanto, “Virtual physics laboratory application based on the android smartphone to improve learning independence and conceptual understanding,” *Int. J. Instr.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–16, 2018.
- [15] P. B. Herlandy, D. E. Ratna, and E. Ismanto, “Pengembangan Media Pembelajaran Dengan Adobe Flash Pokok Bahasan Komunikasi Dalam Jaringan Untuk Kelas X SMK,” *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 29–40, 2019.