



Rancang Bangun Aplikasi Android Pengenalan Pembelahan Sel Menggunakan Teknologi *Augmented Reality Markerless*

Fatma Dwi Anisa^{*1}, T. Yudi Hadiwandura²

Email: ¹fatma.dwi0643@student.unri.ac.id, ²tyudihw@lecturer.unri.ac.id

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Diterima: 25 September 2024 | Direvisi: - | Disetujui: 10 November 2024

©2020 Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia

Abstrak

Pembelajaran biologi di SMA N 2 Pangkalan Kuras sering kali memerlukan praktik untuk beberapa topik pembelajaran. Namun dengan tidak tersedianya ruangan laboratorium khusus dan juga alat-alat praktik mengakibatkan pembelajaran praktik ditiadakan. Salah satu topik yang membutuhkan visualisasi tinggi adalah pembelahan sel. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun aplikasi Android berbasis *Augmented Reality* (AR) dengan metode *markerless* sebagai media praktik untuk pengenalan proses pembelahan sel. Menggunakan metode *markerless* agar aplikasi dapat digunakan dimana saja dan kapan saja tanpa ketergantungan *marker* fisik. Penelitian ini menggunakan metode R&D dan Pengembangan aplikasi menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Sistem aplikasi menggunakan bahasa pemrograman C# dan menerapkan algoritma *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM). Pengujian aplikasi menggunakan standar ISO 25010 terdiri dari aspek *functional suitability* yang memperoleh hasil 100%. Uji *compatibility* mendapat nilai 100% untuk setiap *smartphone* yang melakukan *install*, *running* dan *uninstall*. Uji *performance efficiency* menunjukkan hasil sistem kamera mampu mendeteksi bidang datar seperti meja, dinding dan lantai, sedangkan uji rata-rata waktu respon menghasilkan kecepatan waktu respon aplikasi paling tinggi berdasarkan tipe Android terbaru dan RAM yang besar. *User experience* mendapatkan predikat "excellent".

Kata kunci: Aplikasi Android, Pembelahan Sel, *Augmented Reality*, *markerless*, Media Praktik

Design and Development of an Android Application for Cell Division Introduction Using Markerless Augmented Reality Technology

Abstract

Biology learning at SMA N 2 Pangkalan Kuras often requires practical sessions for several learning topics. However, the lack of a dedicated laboratory room and practical tools has led to the discontinuation of practical lessons. One of the topics that requires high visualization is cell division. This research aims to design and develop an Android application based on *Augmented Reality* (AR) using a *markerless* method as a practical medium for introducing the process of cell division. The *markerless* method is used so that the application can be used anywhere and anytime without relying on physical markers. This research utilizes the R&D method, and the application development follows the *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) method. The *markerless* AR-based cell division Android application system uses C# programming language and applies the *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM) algorithm. The application testing follows the ISO 25010 standard, consisting of *functional suitability* aspects, which achieved a result of 100%. The *compatibility* test also received a score of 100% for each *smartphone* that installed, ran, and uninstalled the application. The *performance efficiency* test shows that the camera system is capable of detecting flat surfaces such as tables, walls, and floors, while the average response time test revealed that the highest response speed was achieved on the latest Android types with larger RAM. The user experience received an "excellent" rating.

Keywords: Android Application, Cell Division, *Augmented Reality*, *Markerless*, Practical Media

1. PENDAHULUAN

Teknologi *Augmented Reality* (AR) telah menjadi salah satu inovasi penting dalam dunia Pendidikan dan praktik, terutama dalam memfasilitasi pembelajaran interaktif yang lebih imersif. AR memungkinkan penggabungan objek virtual dengan dunia nyata, menciptakan pengalaman yang lebih mendalam dan membantu dalam visualisasi konsep yang sulit dipahami secara langsung [1]. Dalam konteks Pendidikan, AR berperan besar dalam mempermudah proses pembelajaran yang membutuhkan visualisasi kompleks[2], seperti pembelahan sel. Proses penting yang melibatkan tahapan-tahapan tak kasat mata pada sel, seperti mitosis, meiosis dan amitosis[3]. Tahapan tersebut membutuhkan media praktik yang mampu menyajikan tiap tahapan secara jelas. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru Biologi di SMA N 2 Pangkalan Kuras, didapatkan informasi bahwa media praktik untuk pembelahan sel kurang memadai seperti mikroskop dan bahan sel itu sendiri. Sekolah juga tidak menyediakan laboratorium dikarenakan keterbatasan ruangan kelas yang sudah penuh terisi oleh siswa.

Bidang Teknologi Informasi (IT) menawarkan solusi untuk masalah ini melalui pengembangan aplikasi AR berbasis Android sebagai media praktik pembelahan sel. Aplikasi AR memungkinkan siswa untuk secara langsung berinteraksi dengan model 3D pembelahan sel yang divisualisasikan dalam lingkungan nyata melalui layar perangkat Android. Aplikasi ini memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret dan interaktif, dimana siswa dapat mengamati dan memahami setiap tahap pembelahan sel secara visual dan mendalam.

Pentingnya teknologi AR sebagai media praktik pembelahan sel adalah aplikasi AR memberikan pendekatan praktik yang efisien dalam mempelajari pembelahan sel tanpa perlu menggunakan mikroskop atau alat-alat praktik biologi lainnya. Hal ini mengurangi keterbatasan alat laboratorium dan memungkinkan lebih banyak siswa untuk melakukan eksperimen virtual dimana saja dan kapan saja melalui perangkat Android. Teknologi AR memungkinkan pengguna untuk melihat proses pembelahan sel dalam waktu nyata seolah-olah terjadi di depan mereka. Hal ini menggantikan metode konvensional seperti gambar statis atau video dengan memberikan simulasi yang lebih interaktif. Melalui aplikasi AR, pengguna dapat merotasikan, memutar, memperbesar atau memperkecil model sel, memindahkan objek virtual, serta melihat proses pembelahan sel dari berbagai sudut pandang. Pengguna juga dapat berinteraksi dengan setiap fase pembelahan sel, seperti profase, metafase, anafase dan telofase yang memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam melalui pengalaman langsung. Visualisasi dalam bentuk 3D yang ditampilkan oleh aplikasi AR membantu siswa yang kesulitan memahami konsep abstrak dengan lebih mudah. Siswa dapat melihat secara langsung bagaimana kromosom terdistribusi selama pembelahan sel dan bagaimana proses ini berlangsung secara bertahap.

Pada teknologi AR memiliki beberapa metode dalam penggunaannya seperti metode *marker based tracking* dan *markerless* [4]. Metode yang sering ditemukan adalah *marker based tracking*, metode ini melibatkan penggunaan *marker* fisik seperti kode QR, gambar tertentu, atau objek khusus yang dikenal oleh perangkat AR. Ketika perangkat mendeteksi *marker* yang dikenal melalui kamera, elemen-elemen virtual dapat ditampilkan di atasnya. Meskipun metode ini memiliki kelebihan seperti stabilitas dan akurasi, ada beberapa kekurangan yang perlu dipertimbangkan, yaitu ketergantungan pada *marker* fisik yang berarti jika tidak ada *marker* yang sesuai, AR tidak dapat berfungsi. AR yang menggunakan metode ini cenderung memerlukan interaktif pengguna yang harus fokus pada *marker* untuk menjaga stabilitas AR. Kelemahan yang terdapat pada metode *marker based tracking* bisa di atasi dengan menggunakan metode *markerless augmented reality*. Metode *markerless* memungkinkan AR beroperasi tanpa perlu menggunakan *marker* fisik seperti kode QR atau objek khusus sebagai referensi. AR *markerless* dapat digunakan dalam berbagai lingkungan tanpa memerlukan *marker* fisik[5]. Hal ini memungkinkan siswa untuk mengakses materi pembelajaran kapan saja dan dimana saja. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan metode *markerless* setelah melakukan pertimbangan terhadap metode yang ada.

Penelitian mengenai pengenalan pembelahan sel menggunakan *augmented reality* pernah dilakukan oleh Tonny Haryanto, Hengky Anra dan Helen Sasty Pratiwi pada tahun 2017 menggunakan metode *marker based tracking* yang berdasarkan pengujian *Pre Test* dan *Post Test* nilai siswa mengalami peningkatan dari rata-rata nilai 33,33 meningkat menjadi 52,66. Dilihat dari rata-rata nilai siswa menunjukkan bahwa *augmented reality* pembelahan sel dapat membantu dan meningkatkan pemahaman siswa dalam belajar tentang materi pembelahan sel yang ada di mata pelajaran biologi kelas 12[6]. Kekurangan dari penelitian ini adalah terdapat 6 *marker* yang tidak berhasil terbaca sehingga 6 objek 3D tidak dapat muncul di lingkungan sekitar. Dengan adanya kekurangan penelitian ini, penulis melakukan penelitian dengan solusi tanpa menggunakan *marker*.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian sebelumnya, maka dibutuhkan aplikasi yang diharapkan dapat membantu memberikan media praktik pembelahan sel yang mampu menyajikan tiap tahapan secara jelas melalui interaktifitas pengguna dengan objek 3D dan menyediakan kuis sehingga aplikasi dapat digunakan dimana saja dan kapan saja.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)* adalah suatu metode riset yang diterapkan untuk menciptakan produk khusus dan menguji kinerja dari produk tersebut[7]. Tahapan pada metode R&D yang dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

2.1. Tahapan Research

a. Observasi

Pada penelitian ini, proses observasi dilakukan dengan mengamati langsung objek atau lokasi yang akan diteliti, melakukan pengamatan untuk mengumpulkan data dan informasi, serta mengidentifikasi masalah yang ada. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, peneliti memperoleh beberapa informasi terkait permasalahan pada keterbatasan media praktik proses belajar mengajar biologi. Permasalahan yang terjadi terkait dengan media praktik yang kurang memadai, tidak bisa menggunakan mesin bertenaga listrik dikarenakan arus listrik sekolah yang rendah dan sulit mendapatkan bahan praktik yang asli seperti bahan pengajaran pembelahan sel yang harus memiliki sel sel makhluk hidup serta tidak tersedianya ruangan laboratorium.

b. Survei

Peneliti melakukan wawancara langsung dengan guru biologi SMA N 2 Pangkalan Kuras dan Kuesioner tertulis berupa pertanyaan tertutup (dengan pilihan jawaban terbatas) dengan 41 siswa. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan guru biologi, dapat disimpulkan bahwa mata pelajaran biologi membutuhkan media praktik yang tepat untuk materi pembelahan sel yaitu dengan memanfaatkan teknologi *augmented reality*. Hasil dari kuesioner menyatakan bahwa 95% siswa menggunakan Android.

c. Studi Literatur

Dalam melakukan Studi Literatur, peneliti mengumpulkan data berupa teori-teori yang mendukung pembuatan aplikasi android untuk pengenalan pembelahan sel pada mata pelajaran biologi siswa sekolah menengah atas menggunakan teknologi AR. Sumber-sumber yang digunakan meliputi jurnal, buku, internet dan penelitian sebelumnya. Studi Literatur digunakan untuk memperkuat dan memastikan keakuratan data yang berkaitan dengan Rancang Bangun Aplikasi Android Pengenalan Pembelahan Sel Menggunakan Teknologi *Augmented Reality Markerless*.

2.2. Tahapan Development

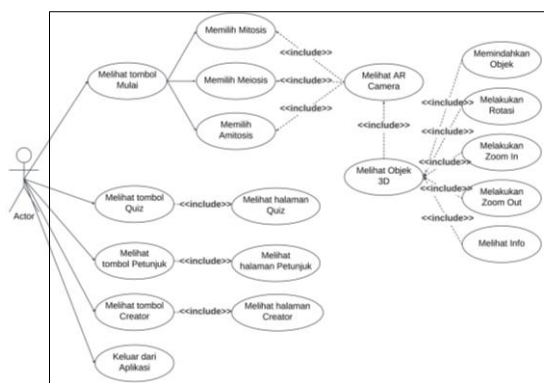
Metode pengembangan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)* yang memiliki enam langkah. Enam langkah ini tidak selalu harus dilaksanakan secara berurutan, dalam pelaksanaannya langkah-langkah tersebut dapat saling bergantian posisinya[8]. Berikut tahapan proses pengembangan sistem:

a. Concept

Tahap konsep adalah langkah awal dalam MDLC. Pada tahap ini, dimulai dengan menetapkan tujuan pembuatan aplikasi dan mengidentifikasi pengguna yang akan menggunakan aplikasi tersebut serta Analisa kebutuhan aplikasi.

b. Design

Pada tahap desain, penulis menciptakan rancangan produk berdasarkan konsep pengembangan produk yang telah ditetapkan pada tahap konsep. Proses ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk membuat *use case diagram*, *flowchart* aplikasi dan tampilan UI. Gambar 1 merupakan *Use case diagram* Aplikasi AR *markerless* pembelahan sel.



Gambar 1. Use case diagram Aplikasi AR *markerless* pembelahan sel

c. *Material Collecting*

Pengumpulan materi adalah proses mengumpulkan berbagai informasi, data dan sumber daya yang diperlukan sebagai bahan dasar pengembangan aplikasi AR pembelahan sel seperti gambar, objek 3D, teks dan referensi yang relevan.

d. *Assembly*

Tahap pembuatan melibatkan pembuatan semua objek atau materi multimedia. Proses pembuatan aplikasi bergantung pada tahap desain, seperti tampilan UI dan diagram alur. Pada tahap pembuatan, penulis menyatukan materi-materi yang telah disusun dan diperoleh pada tahap perancangan untuk aplikasi yang telah direncanakan.

e. *Testing*

Pengujian yang dilakukan menggunakan standar ISO 25010. ISO (*The International Organization for Standardization*) merupakan suatu standar yang digunakan di seluruh dunia untuk menilai atau mengukur kualitas perangkat lunak. Dalam penelitian ini, digunakanlah ISO versi 25010 yang merupakan perkembangan dari ISO 9126 dengan tambahan struktur dan bagian dari standar model kualitas. ISO 25010 meliputi aspek *Functional Suitability*, *Compatibility Performance Efficiency*, dan *Usability*[5].

f. *Distribution*

Tahap distribusi melibatkan penyebaran atau distribusi produk multimedia ke pengguna atau platform yang dituju. Produk yang dihasilkan dari penelitian ini akan diterapkan kepada siswa kelas XI SMA. Aplikasi ini bisa dijalankan di platform android dan bisa di install pada perangkat smartphone dengan OS Android minimum android versi 7.1 dan memiliki kamera belakang.

2.3. Algoritma SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*)

Algoritma SLAM adalah teknik yang memungkinkan perangkat untuk secara bersamaan memetakan lingkungan sekitarnya dan melacak posisi atau orientasinya di dalam peta tersebut. Dalam konteks AR, SLAM digunakan untuk memastikan objek virtual dapat ditempatkan dengan tepat di dunia nyata tanpa perlu penanda khusus atau *markerless* [9]. Tahapan Algoritma SLAM dalam AR seperti berikut ini:

1. *Sensor Data Collection* (Pengumpulan Data Sensor)

Aplikasi AR menggunakan sensor kamera untuk menangkap data visual dan posisi dari lingkungan sekitar. Data dari sensor ini diambil secara terus menerus dan digunakan sebagai masukan untuk SLAM.

2. *Feature Extraction* (Ekstraksi Fitur)

Algoritma SLAM mengidentifikasi fitur penting dalam lingkungan, seperti sudut, tepi, atau pola unik pada objek di dunia nyata, seperti garis dinding, tekstur meja. Fitur ini menjadi titik referensi untuk melacak posisi perangkat.

3. *Localization* (Lokalisasi)

Lokalisasi adalah proses menentukan posisi dan orientasi perangkat AR dalam ruang fisik. Dengan menggunakan data dari sensor kamera, perangkat menghitung pergerakan dan posisi relatifnya terhadap fitur-fitur yang telah terdeteksi. Saat perangkat bergerak, sistem SLAM terus melacak perubahan posisi berdasarkan bagaimana fitur-fitur di lingkungan berubah dari sudut pandang perangkat.

4. *Mapping* (Pemetaan)

Bersamaan dengan proses lokalisasi, SLAM membuat peta lingkungan secara bertahap. Sistem akan memperbaharui peta setiap kali perangkat mendeteksi fitur baru atau memperbarui posisi fitur yang sudah ada. Peta ini tidak hanya mencatat posisi fitur tetapi juga struktur lingkungan secara keseluruhan, termasuk dinding, lantai, dan lainnya. Peta ini bersifat dinamis, artinya terus berubah dan diperbarui berdasarkan data sensor terbaru saat perangkat bergerak dalam ruang fisik.

5. *Loop Closure* (Penutupan Loop)

Ketika perangkat bergerak melalui area yang sudah dipetakan, algoritma mengenali area tersebut dan memperbaiki posisi serta peta yang sudah ada, mengurangi kesalahan akumulasi.

6. *Real-time Tracking and Rendering* (Pelacakan dan Rendering Waktu Nyata)

Setelah perangkat mampu memetakan lingkungan dan mengetahui posisinya di dalam ruang, elemen AR seperti objek virtual dapat ditampilkan secara akurat di dunia nyata. Perangkat menggunakan peta yang dihasilkan oleh SLAM untuk memastikan bahwa objek virtual ditempatkan dan bergerak sesuai dengan lingkungan fisik. Misalnya jika sebuah objek virtual ditempatkan di meja, SLAM memastikan bahwa objek tersebut tetap berada di posisi yang sama di meja bahkan saat perangkat AR bergerak atau berputar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tampilan Halaman Utama



Gambar 2. Tampilan halaman utama

Tampilan halaman utama ditunjukkan pada gambar 2, halaman utama menampilkan beberapa tombol utama seperti mulai, kuis, petunjuk, kreator dan keluar.

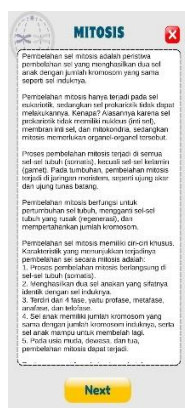
3.2. Tampilan Mulai



Gambar 3. Tampilan Mulai

Saat pengguna menekan tombol mulai, sistem akan mengarahkan pengguna pada halaman yang memberikan pilihan subtopik dari pembelahan sel. Terdapat tiga tombol yakni mitosis, meiosis dan amitosis sesuai tema yang ingin dipelajari.

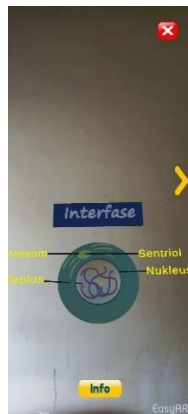
3.3. Tampilan Halaman Mitosis



Gambar 4. Tampilan Halaman Mitosis

Tampilan halaman mitosis akan menunjukkan beberapa penjelasan singkat mengenai mitosis dan terdapat tombol *next* untuk melanjutkan ke halaman kamera AR agar dapat melihat objek 3D setiap tahapan dari mitosis.

3.4. Tampilan Kamera AR pada Halaman Mitosis



Gambar 5. Tampilan Kamera AR pada Halaman Mitosis

Saat pengguna menekan tombol *next* pada halaman mitosis, maka sistem akan mengarahkan pengguna ke halaman kamera AR dimana kamera AR akan langsung memproses dan mendeteksi bidang datar yang berada di lingkungan sekitar untuk memunculkan objek 3D setiap tahapan pada mitosis.

3.5. Tampilan Kuis



Gambar 6. Tampilan Kuis

Halaman kuis yang terdiri dari soal dan 5 tombol jawaban A sampai E. Soal yang harus dikerjakan oleh pengguna sebanyak 20 soal dengan topik pembelahan sel mitosis, meiosis dan amitosis. Selama mengerjakan skor akan langsung di hitung sampai akhir.

3.6. Tampilan Halaman Petunjuk



Gambar 6. Tampilan Petunjuk

Pada gambar 6 menunjukkan halaman petunjuk yang berisi penjelasan mengenai fungsi tombol pada halaman utama, cara penggunaan AR kamera *markerless*, dan cara berinteraksi dengan objek 3D.

3.7. Pengujian *Functional Suitability*

Functional Suitability berguna untuk mengevaluasi apakah semua fitur dalam aplikasi AR Pembelahan Sel sudah berfungsi sesuai dengan ketentuan. Hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji *functional suitability*

No.	Fitur Menu	Hasil Yang Diharapkan	Hasil	
			Sukses	Gagal
1.	Membuka menu utama	Menampilkan menu halaman utama, berupa tombol menu mulai, kuis, petunjuk, kreator dan keluar.	1	
2.	Membuka menu mulai	Tampil halaman yang menampilkan tombol mitosis, meiosis dan amitosis	1	
3.	Membuka halaman kamera AR	Tampil halaman kamera AR yang terdapat tombol info dan <i>next</i> ke objek berikutnya	1	
4.	Menampilkan Objek 3D	Kamera menampilkan dan meletakkan objek 3D di dunia nyata	1	
5.	Fitur perbesar/perkecil, rotasi dan memindahkan objek 3D	Objek 3D membesar dan mengecil sesuai gerakan jarak antar kedua jari, merotasi dan berpindah tempat.	1	
6.	Membuka pop up informasi objek	Menampilkan pop up teks mengenai penjelasan objek 3D yang di tampilkan	1	
7.	Membuka menu kuis	Pengguna dapat mengerjakan kuis dan mendapatkan skor	1	
8.	Membuka menu petunjuk	Menampilkan halaman teks penjelasan menggunakan aplikasi	1	
9.	Membuka menu kreator	Tampilan nama <i>developer</i> aplikasi	1	
10.	Keluar dari aplikasi	Aplikasi otomatis keluar dari perangkat sistem Android	1	
Skor Total			10	
Skor Maksimal			10	

Hasil perhitungan untuk pengujian *functional suitability* ditunjukkan pada persamaan (1).

$$X = 1 - \frac{A(\text{total seluruh fungsi yang tidak berhasil})}{B(\text{total seluruh fungsi yang berhasil})} \dots\dots\dots (1)$$

$$X = 1 - \frac{0}{10}$$

$$X = 1 - 0$$

$$X = 1$$

Berdasarkan hasil pengujian terhadap *functional suitability* aplikasi AR pembelahan sel, didapatkan nilai pengujian (X) = 1, yang menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan 100%. Dengan demikian, hasil pengujian pada aspek *functional suitability* memiliki nilai “sangat layak”.

3.8. *Compatibility*

Pengujian terkait aspek *compatibility* dan *performance efficiency* dilakukan menggunakan 5 *smartphone* dengan spesifikasi berbeda. Detail spesifikasi masing-masing *smartphone* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi *smartphone* untuk pengujian aspek *compatibility* dan *performance efficiency*

Spesifikasi	Smartphone A	Smartphone B	Smartphone C	Smartphone D	Smartphone E
OS	Oppo A12 Android 9 (Q)	Oppo Reno 8 Android 11 (<i>Red Velvet Cake</i>)	Vivo V23 Android 12 (<i>Snow Cone</i>)	Samsung A32 Android 13 (<i>Tiramisu</i>)	Infinix NOTE 30 Pro Andorid 14 (<i>Upside Down Cake</i>)

Pengujian *Compatibility* dilakukan dengan melakukan uji coba *install*, *Running* dan *Uninstall* aplikasi pada berbagai varian sistem operasi dan ukuran layar. Berikut hasil pencatatan uji *Compatibility* pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji *Compatibility*

Kategori Tugas	Jenis Smartphone				
	Smartphone A	Smartphone B	Smartphone C	Smartphone D	Smartphone E
<i>Install</i>	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
<i>Running</i>	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Uninstall	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
-----------	----------	----------	----------	----------	----------

Berdasarkan hasil uji *Compatibility* diperoleh hasil bahwa aplikasi dapat berjalan 100%. Dengan demikian, hasil pengujian pada aspek *Compatibility* memiliki nilai “sangat layak”.

3.9. Performance Efficiency

Pengujian aspek *Performance Efficiency* dilakukan dengan hasil uji deteksi bidang datar terhadap kamera dan menghitung rata-rata waktu respon aplikasi. Alat yang digunakan untuk mengukur *Performance Efficiency* memanfaatkan perangkat langsung dan *timer* untuk menghitung sejauh mana aplikasi merespon berbagai perintah. Pada pengujian telah dilakukan pada 5 *smartphone* berbeda dan spesifikasi berbeda. Hasil pengujian *Performance Efficiency* dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Hasil Uji Aspek Deteksi Bidang Datar Terhadap Kamera

Bidang Datar	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
Meja	√	
Dinding	√	
Lantai	√	

Tabel 5. Hasil Uji Performance Efficiency

Kategori Tugas	Response Time (s)				
	Smartphone A	Smartphone B	Smartphone C	Smartphone D	Smartphone E
Launch time	3,53	3,21	3,08	3,08	3,05
Halaman kuis	0,56	0,40	0,22	0,14	0,20
Halaman petunjuk	0,50	0,38	0,22	0,15	0,18
Halaman kreator	0,49	0,38	0,22	0,15	0,18
Menampilkan objek	1,75	1,30	0,70	0,60	0,65
Fitur zoom in/out	0,93	0,78	0,56	0,49	0,30
Fitur rotasi	0,70	0,59	0,56	0,48	0,30
Fitur memindahkan 3D	0,75	0,68	0,55	0,34	0,28
Menampilkan informasi 3D	0,56	0,43	0,23	0,14	0,19

Berdasarkan hasil uji rata-rata waktu respon aplikasi, diperoleh hasil bahwa nilai aspek *Performance Efficiency* tertinggi ditemukan pada *smartphone* D dan E. Hal ini disebabkan oleh *smartphone* D dan E yang memiliki RAM lebih besar dan versi Android yang terbaru dibandingkan dengan *smartphone* A, B dan C. Dengan demikian, kapasitas RAM dan versi android berpengaruh terhadap performa aplikasi.

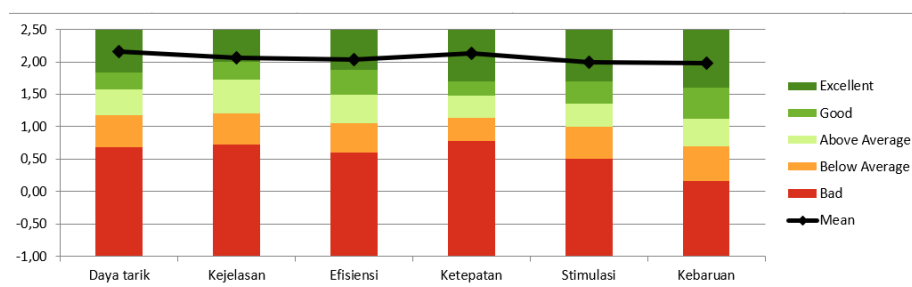
3.10. Usability

Pengujian *Usability* dilaksanakan dengan memberikan kuesioner kepada 42 orang sebagai sampel, bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kepuasan pengguna dalam menggunakan aplikasi *augmented reality*. Selanjutnya, responden yang telah dipilih akan melakukan evaluasi terhadap pengalaman pengguna pada aplikasi *augmented reality* berbasis Android menggunakan UEQ. UEQ memuat pertanyaan-pertanyaan untuk menilai pengalaman pengguna dari responden. UEQ terdiri dari 26 pasangan pertanyaan yang memiliki makna yang saling berlawanan dan dapat menggambarkan produk dengan 7 (tujuh) skala jawaban[10].

Hasil uji aspek *usability* berdasarkan gambar 7 dan 8 diperoleh daya tarik (2.16), kejelasan (2.07), efisiensi (2.04), ketepatan (2.13), stimulasi (1.99), kebaruan (1.98). Dengan demikian, aplikasi AR pembelahan sel berdasarkan pengalaman pengguna dalam mencoba aplikasi tersebut mendapatkan predikat *excellent*. Dapat disimpulkan bahwa pengguna mendapatkan pengalaman yang baik saat menggunakan aplikasi dikarenakan sesuai dengan kebutuhan.

Scale	Mean	Comparison to benchmark	Interpretation
Daya tarik	2,16	Excellent	In the range of the 10% best results
Kejelasan	2,07	Excellent	In the range of the 10% best results
Efisiensi	2,04	Excellent	In the range of the 10% best results
Ketepatan	2,13	Excellent	In the range of the 10% best results
Stimulasi	1,99	Excellent	In the range of the 10% best results
Kebaruan	1,98	Excellent	In the range of the 10% best results

Gambar 7. Hasil Uji Usability



Gambar 8. Diagram Hasil Uji Usability

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Metode SLAM dapat diterapkan secara efektif pada media praktik AR pembelajaran pembelahan sel *markerless*, terbukti dengan kemampuan menampilkan objek 3D pada permukaan di lingkungan nyata yang belum dikenali oleh aplikasi. Sebanyak 15 objek 3D yang ditampilkan dapat diperbesar, diperkecil, dirotasikan dan dipindahkan oleh pengguna. Pengguna dapat mengerjakan kuis sebanyak 20 soal mengenai mitosis, meiosis dan amitosis dan mendapatkan skor setelah selesai mengerjakan.
2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menggunakan ISO 25010 didapat hasil pengujian pada aspek *functional suitability* memiliki nilai 100% atau “sangat layak”. Uji *compatibility* mendapat nilai 100% untuk setiap *smartphone* yang melakukan *install*, *running* dan *uninstall*. Uji *performance efficiency* menunjukkan hasil sistem kamera mampu mendeteksi bidang datar seperti meja, dinding dan lantai, sedangkan uji rata-rata waktu respon menghasilkan kecepatan waktu respon aplikasi paling tinggi berdasarkan tipe Android terbaru dan RAM yang besar. *User experience* mendapatkan nilai “*excellent*” dari berbagai aspek, yaitu daya tarik (2.16), kejelasan (2.07), efisiensi (2.04), ketepatan (2.13), stimulasi (1.99), kebaruan (1.98).
3. Aplikasi AR pembelahan sel dengan metode *markerless* mampu menggantikan media praktik yang kurang disediakan oleh pihak sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Mauludin, A. S. Sukanto, and H. Muhandi, “Penerapan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Sistem Pencernaan pada Manusia dalam Mata Pelajaran Biologi,” *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 3, no. 2, p. 117, 2017, doi: 10.26418/jp.v3i2.22676.
- [2] Y. Aprilinda, R. Y. Endra, F. N. Afandi, F. Ariani, A. Cucus, and D. S. Lusi, “Implementasi Augmented Reality untuk Media Pembelajaran Biologi di Sekolah Menengah Pertama,” *Explor. Sist. Inf. dan Telemat.*, vol. 11, no. 2, p. 124, 2020, doi: 10.36448/jsit.v11i2.1591.
- [3] Susi Nurul Fitri, “Pembelahan Sel Biologi Kelas Xii Penyusun,” *J. Mat. dan Sains N*, vol. 10, no., pp. 9–12, 2020.
- [4] C. N. Nurdiansyah and H. Maulana, “Implementasi Augmented Reality (Ar) Dengan Metode Marker Dan Markerless Pada Objek Dan Benda Bersejarah Di Museum Gedung Sate,” *Univ. Komput. Indones.*, vol. 1, pp. 1–8, 2018.
- [5] M. Sarjan, P. T. Informatika, U. Al, A. Mandar, and S. Barat, “AUGMENTED REALITY DENGAN PENGUJIAN STANDAR ISO 25010 PADA MEDIA PROMOSI PENJUALAN KERAMIK LANTAI BERBASIS,” vol. 12, no. 3, pp. 2168–2179, 2024.
- [6] T. Haryanto, H. Anra, and H. S. Pratiwi, “Aplikasi Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran Materi Pembelahan Sel dalam Mata Pelajaran Biologi,” *JUSTIN (Jurnal Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 164–168, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/justin/article/view/19431>.
- [7] B. F. Sari *et al.*, “Jurnal Computer Science and Information Technology (CoSciTech) Development Learning Media Based On Educational Games Theme 4 Concerning Space Building In,” vol. 5, no. 2, pp. 319–329, 2024.
- [8] K. Lee and H. Herman, “Penerapan Metode Mdlc Dalam Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Untuk Mengenal Jenis-Jenis Samba Indonesia,” *J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 272–284, 2023, doi: 10.37792/jukanti.v6i2.1034.
- [9] G. F. Mandias, A. Wongkar, Y. G. Wonte, and L. Polandos, “Pembelajaran Anatomi Hati Manusia Menggunakan Teknologi Augmented Reality SLAM Tracking,” *Semin. Nas. Corisindo*, pp. 376–381, 2022.
- [10] A. Based and G. Method, “Jurnal Computer Science and Information Technology (CoSciTech) Lecture Attendance Application Using Dynamic QR Code and Android Based Geofenced Method,” vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2024.