

Augmented Reality in Static Electricity Learning Media

Augmented Reality pada Media Pembelajaran Listrik Statis

Gabriela Areros, Yuri Vanly Akay, Brave Angkasa Sugiarso

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails: belagabriela789@gmail.com, yuriakay@unsrat.ac.id, brave@unsrat.ac.id

Received: 01 June 2024; revised: 27 December 2024; accepted: 03 March 2025

Abstract — When two objects rub together or electrons move between them, there is an imbalance of positive and negative charges on one object. This is called static electricity. Based on surveys that have been conducted, it shows that the majority of students in junior high schools have difficulty understanding material and concepts about static electricity. Students feel that the presence of media in the form of learning applications can help in overcoming this problem. Thus, developing learning applications using Augmented Reality (AR) technology offers an interesting solution. This technology can be utilized in the learning process by visualizing a concept or understanding using a virtual object that is projected into the real world so as to provide information that is easy to understand. The system development method used in this research is the Multimedia Development Life Cycle. Based on data obtained from Beta Testing, 67% of respondents experienced an increase in their understanding of static electricity material after using the Static Electricity Learning Application. From these results, Augmented Reality technology can be used as a learning medium to help the learning process become better..

Key words— Augmented Reality; Learning Media; Multimedia Development Life Cycle; Static Electricity.

Abstrak — Ketika dua objek bergesekan atau elektron berpindah antara mereka, terjadi ketidakseimbangan muatan positif dan negatif di satu objek. Ini disebut listrik statis. Berdasarkan survei yang telah dilakukan menunjukkan sebagian besar siswa di sekolah menengah pertama mengalami kesulitan memahami materi dan konsep tentang listrik statis. Siswa merasa dengan adanya media berupa aplikasi pembelajaran dapat membantu dalam mengatasi masalah tersebut. Dengan demikian Pengembangan aplikasi pembelajaran menggunakan teknologi Augmented Reality (AR) menawarkan solusi yang menarik. Teknologi ini dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran dengan memvisualisasikan suatu konsep atau pemahaman menggunakan suatu objek virtual yang diproyeksikan dengan dunia nyata sehingga memberikan informasi yang mudah dipahami. Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Multimedia Development Life Cycle. Berdasarkan data yang diperoleh dari Beta Testing 67% responden mengalami peningkatan pemahaman mengenai materi listrik statis setelah menggunakan Aplikasi Pembelajaran Listrik Statis. Dari hasil tersebut teknologi Augmented Reality dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran untuk membantu proses belajar menjadi lebih baik.

Kata kunci — Augmented Reality; Listrik Statis; Media Pembelajaran; Multimedia Development Life Cycle.

I. PENDAHULUAN

Listrik statis terjadi ketika ada ketidakseimbangan muatan positif dan negatif pada suatu benda tanpa mengalir melalui rangkaian listrik. Ini dapat terjadi karena dua benda bergesekan satu sama lain atau karena perpindahan elektron antara keduanya. Listrik statis termasuk ke dalam materi dasar yang diajarkan pada sekolah menengah pertama dimana materi ini penting untuk dipahami karena akan terus berlanjut ke jenjang berikutnya. Pemanfaatan media atau alat dalam suatu proses belajar mengajar dapat membantu peserta didik untuk lebih memahami materi yang diberikan [1].

Augmented reality merupakan teknologi yang sedang berkembang yang melibatkan penggabungan objek virtual dengan dunia nyata secara *real-time* menggunakan media perantara seperti kamera ponsel, *webcam*, dan lain-lain. [2]. Teknologi ini dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran dengan memvisualisasikan suatu konsep atau pemahaman menggunakan suatu objek virtual yang diproyeksikan dengan dunia nyata sehingga memberikan informasi yang mudah dipahami. Dalam penerapannya Augmented Reality mengidentifikasi suatu objek nyata melalui perantara kemudian menampilkan suatu *output* berupa objek virtual dalam bentuk teks, gambar, animasi dan lain sebagainya.

Dalam buku pelajaran fisika mengenai listrik statis banyak menggunakan gambar untuk menampilkan data. Dengan menerapkan Augmented Reality hal tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk objek virtual dua atau tiga dimensi dengan animasi yang dapat merepresentasikan konsep listrik statis sehingga memungkinkan peserta didik memahami materi dengan lebih baik.

A. Penelitian Terkait

“Analisis Kesulitan Siswa Dalam Memecahkan Soal Fisika Pada Materi Listrik Statis Di Smp Negeri 1 Tumpaan Di Era Covid-19.” Penelitian ini dilakukan pada tahun 2021 oleh Egha Savitri Dali, Treesje Katrina Londa dan Alfrits Komansilan untuk mendeskripsikan kesulitan siswa dalam menyelesaikan permasalahan fisika pada elektrostatika dan mendeskripsikan faktor-faktor yang menyulitkannya yang ditimbulkan dengan metode deskriptif menggunakan metode solusi matematika. [3]

“Rancang Bangun Media Pembelajaran Fungsi Organ Tubuh Manusia Berbasis Augmented Reality.” Penelitian ini dilakukan oleh Cherryl Nanlohy pada tahun 2020 menggunakan

metode *Multimedia Development Life Cycle* bertujuan untuk mengenalkan organ luar tubuh manusia kepada siswa kelas 5 dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* sebagai sarana pembelajaran yang menyenangkan.[4]

"*Augmented Reality Applications For Learning English In Elementary School Children.*" Dilakukan oleh Mohammad Fitra Mokodompit pada tahun 2021, bertujuan untuk membuat aplikasi *Augmented Reality* untuk belajar bahasa Inggris disertai 3 kalimat dan deskripsi objek untuk siswa sekolah dasar. [5]

"*Augmented reality* sebagai Media Pembelajaran Hewan Purbakala" adalah penelitian yang dilakukan pada tahun 2020 oleh Sampurna Dadi Riskiono, Try Susanto, dan Kristianto. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan materi pembelajaran yang menarik dan inovatif yang dapat mengenalkan siswa pada hewan dan karakter prasejarah yang lebih nyata. [6]

"*An Augmented Reality Interactive Card-based Human Blood Circulation System Learning Media for the 11th Grade Students.*" Penelitian ini dilakukan oleh Bunga Indahsari pada tahun 2021 dengan tujuan untuk membuat aplikasi pembelajaran sistem peredaran darah yang bermanfaat bagi siswa SMA kelas XI yang menggunakan teknologi *Augmented Reality* [7]

"*Augmented Reality* Dalam Pembelajaran IPA Bagi Siswa SD" adalah penelitian yang dilakukan oleh Bintoro Setyawan et al. pada tahun 2019. Penelitian ini memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* pada aplikasi android yang digunakan dalam media pembelajaran IPA untuk siswa di sekolah dasar (SD) kelas VI. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan motivasi siswa untuk belajar dan membuat materi lebih mudah dipahami oleh siswa. [8]

"Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* (AR) Terhadap Hasil Belajar Biologi Siswa SMA" adalah penelitian yang dilakukan pada tahun 2021 oleh Rismawati Kamaruddin dan Rahmatia Thahir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana media pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR) berdampak pada hasil belajar siswa tentang materi virus di kelas X di SMA Negeri 1 Gowa. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan statistik deskriptif dan statistik inferensial [1]

Shidqie Alisyafiq melakukan penelitian berjudul "Implementasi *Multimedia Development Life Cycle* Pada Aplikasi Pembelajaran Multimedia Interaktif Algoritma dan Pemrograman Dasar Untuk Mahasiswa Berkebutuhan Khusus Berbasis Android" pada tahun 2021. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang aplikasi pembelajaran interaktif yang dapat membantu siswa berkebutuhan khusus dalam belajar. Metode perancangan sistem MDLC digunakan dalam penelitian ini [9]

Perbedaan dari kedelapan penelitian di atas yakni penelitian yang pertama dilakukan untuk menganalisa faktor yang menjadi penyebab kesulitan siswa dalam memecahkan soal fisika pada materi listrik statis. Berdasarkan penelitian ini maka dapat dilihat pentingnya pemahaman siswa mengenai materi agar dapat memecahkan soal listrik statis, sehingga bisa memperoleh hasil belajar yang lebih baik.

Penelitian kedua dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh penggunaan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* pada hasil belajar siswa di sekolah menengah atas. Dan dari penelitian tersebut dapat dilihat bahwa menggunakan

Aplikasi AR sebagai media pembelajaran dapat berdampak positif bagi siswa.

Sedangkan perbedaan penelitian ketiga hingga penelitian kedelapan yakni mengembangkan media pembelajaran menggunakan AR pada materi dan jenjang sekolah yang berbeda. Empat diantaranya menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* yang terdiri dari 6 tahapan untuk proses pengembangan aplikasi dimana metode tersebut juga digunakan dalam penelitian ini yakni merancang Aplikasi Pembelajaran AR Listrik Statis yang mengimplementasikan *Augmented Reality*.

Penelitian yang akan penulis lakukan yaitu mengimplementasikan *Augmented Reality* pada media pembelajaran listrik statis di sekolah menengah pertama dengan tujuan meningkatkan pemahaman siswa khususnya kelas 9 pada materi listrik statis sehingga memperoleh hasil belajar yang lebih baik.

B. *Augmented Reality*

Augmented reality (AR) adalah teknologi yang menggabungkan objek virtual 2D atau 3D di dunia nyata dan menampilkan atau memproyeksikan objek tersebut secara *real time*. *Augmented reality* (AR) memvisualisasikan ide-ide abstrak sehingga orang dapat memahami dan memahami struktur model objek. Beberapa aplikasi AR bertujuan untuk memberi pengguna lebih banyak informasi tentang objek dunia nyata. [2]

C. *Listrik Statis*

Listrik statis adalah arus listrik yang mengalir melalui kabel dan konduktor lainnya ketika ada ketidakseimbangan muatan listrik di dalam atau di permukaan suatu benda. Berbeda dengan elektrodinamika, listrik statis tidak dapat mengalir atau bergerak. [10].

D. *Media Pembelajaran*

Pembelajaran adalah kegiatan yang direncanakan oleh seorang pendidik dan terdiri dari bahan ajar, sumber pembelajaran, informasi, dan lingkungan tempat siswa berpartisipasi. Tujuan pembelajaran adalah untuk membantu siswa memperoleh pengetahuan, keterampilan, kemampuan, dan nilai-nilai yang lebih baik. Media memainkan peran penting dalam proses pendidikan, termasuk membantu siswa, berkomunikasi, dan menemukan ide-ide baru[11].

E. *Multimedia Development Life Cycle*

Metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) cocok untuk merancang dan mengembangkan aplikasi multimedia yang menggabungkan gambar, audio, video, animasi, dan media lainnya. Metode ini juga dapat digunakan untuk pengembangan sistem pada aplikasi multimedia, dan langkah-langkahnya dapat diubah sesuai dengan kebutuhan penelitian [9].

II. METODE PENELITIAN

A. *Lokasi dan Bahan Penelitian*

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Garuda Manado dimulai dari Maret 2023 dan ditargetkan selesai pada Mei 2024. Alat dan bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini dicantumkan pada tabel 1 Alat dan Bahan Penelitian.

B. Metode Pengumpulan Data

1) Studi Literatur

Studi literatur merupakan sekumpulan metode atau kegiatan yang dilakukan dalam menelusuri hasil-hasil tulisan yang pernah dibuat sebelumnya untuk memperoleh wawasan atau pengetahuan mengenai objek yang diteliti. Studi literatur ini digunakan untuk memperoleh materi dan teori mengenai listrik statis sebagai objek penelitian serta teori yang berkaitan dengan Augmented Reality untuk dijadikan pedoman dalam pengembangan aplikasi

2) Kuisioner

Untuk mengetahui apakah pemahaman dari peserta didik meningkat atau tidak maka digunakan metode kuisioner yakni teknik pengumpulan data dalam bentuk pertanyaan untuk mengetahui tanggapan dari responden mengenai aplikasi yang telah dibuat.

3) Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan struktur konseptual yang dirancang untuk memberikan panduan yang jelas pada proses penelitian yang dilakukan.

C. Metode Pengembangan Sistem

Metode yang digunakan dalam pengembangan aplikasi yaitu *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*. Karena memiliki tahapan yang detail maka dapat membantu proses pengembangan menjadi lebih teratur dan terarah. Tahapan-tahapan tersebut antara lain, sebagai berikut:

1) Konsep (*Concept*): Pada tahap ini akan ditentukan konsep aplikasi AR yang akan dibuat.

2) Perancangan (*Design*): Alur program pada tahap ini akan digambarkan menggunakan diagram *Usecase Diagram* dan perancangan UI.

3) Pengumpulan Bahan (*Material Collecting*): Pengumpulan materi yang akan disajikan juga akan dilakukan di tahap ini menggunakan metode studi literatur atau wawancara. Serta pengumpulan aset yang dibutuhkan dalam pembuatan aplikasi seperti gambar, tombol, audio dan sebagainya.

4) Perakitan (*Assembly*): Objek 3D menggunakan blender dan perakitan aplikasi menggunakan Unity 3D.

5) Pengujian (*Testing*): Untuk mengetahui apakah aplikasi sudah berjalan dengan baik dan benar maka akan dilakukan pengujian dengan menggunakan metode penujian beta testing dan alpha testing.

6) Pendistribusian (*Distribution*): Setelah aplikasi selesai dikembangkan akan didistribusikan ke pengguna yang ditargetkan yakni peserta didik kelas 9 SMP kemudian dianalisa untuk melihat apakah aplikasi yang dibuat dapat membantu meningkatkan pemahaman siswa atau tidak.

D. Metode Pengembangan Sistem

Metode yang digunakan dalam pengembangan aplikasi yaitu *Multimedia Development Life Cycle (MDLC)*. Karena memiliki tahapan yang detail maka dapat membantu proses pengembangan menjadi lebih teratur dan terarah. Tahapan-tahapan tersebut antara lain, sebagai berikut:

1) Konsep (*Concept*): Pada tahap ini akan ditentukan konsep aplikasi AR yang akan dibuat.

2) Perancangan (*Design*): Alur program pada tahap ini akan digambarkan menggunakan diagram *Usecase Diagram* dan perancangan UI.

3) Pengumpulan Bahan (*Material Collecting*): Pengumpulan materi yang akan disajikan juga akan dilakukan di tahap ini menggunakan metode studi literatur atau wawancara. Serta pengumpulan aset yang dibutuhkan dalam pembuatan aplikasi seperti gambar, tombol, audio dan sebagainya.

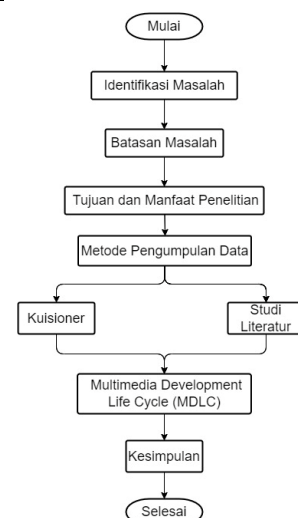
4) Perakitan (*Assembly*): Objek 3D menggunakan blender dan perakitan aplikasi menggunakan Unity 3D.

5) Pengujian (*Testing*): Untuk mengetahui apakah aplikasi sudah berjalan dengan baik dan benar maka akan dilakukan pengujian dengan menggunakan metode penujian beta testing dan alpha testing.

6) Pendistribusian (*Distribution*): Setelah aplikasi selesai dikembangkan akan didistribusikan ke pengguna yang ditargetkan yakni peserta didik kelas 9 SMP kemudian dianalisa untuk melihat apakah aplikasi yang dibuat dapat membantu meningkatkan pemahaman siswa atau tidak.

TABEL I
ALAT DAN BAHAN PENELITIAN.

No	Alat & Bahan	Keterangan
1.	Perangkat Keras: - Laptop - Smartphone	Spesifikasi: - Asus ZenBook UX425EA - 11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1165G7 @ 2.80GHz (8 CPUs), ~2.8GHz - RAM 16 GB - Windows 11 - Redmi Note 9 Pro - RAM: 6GB/8GB - Kamera Belakang: 64 MP, f/1.9, 26mm (wide) - Kamera Depan: 16 MP, f/2.5, (wide)
2.	Perangkat Lunak: - Unity - Blender 3D - Vuforia	



Gambar 1 Kerangka Berpikir

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konsep (Concept)

Aplikasi ini mengimplementasikan *Augmented Reality* sebagai media pembelajaran pada materi Listrik Statis di Sekolah Menengah Pertama. Aplikasi ini dirancang dan ditujukan kepada siswa kelas 9 di Sekolah Menengah Pertama dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa mengenai materi Listrik Statis. Aplikasi ini memanfaatkan *marker* berupa gambar-gambar yang berasal dari buku cetak maupun gambar yang dibuat sendiri. *Marker* ini sebagai penanda yang akan dideteksi untuk menampilkan animasi AR. Saat *marker* dipindai akan muncul objek 3D, teks penjelasan serta tombol untuk memainkan animasi dan/atau berpindah ke objek 3D yang lain.

Pengguna bisa memilih menu salah satu dari empat menu yang ada pada halaman awal tanpa harus berurutan. Sebelum memainkan animasi AR pengguna harus terlebih dahulu membaca dan mempelajari materi yang diberikan dalam bentuk teks dan gambar. Pengguna sebaiknya mempelajari modul sesuai dengan urutan agar materi dapat dipelajari dengan baik. Urutan pada menu mengikuti urutan pada buku cetak. Untuk bisa menggunakan AR, pengguna harus menekan tombol sentuh (berbentuk segitiga) pada bagian bawah layar. Tombol sentuh bisa dijalankan tanpa harus membaca teks terlebih dahulu.

B. Perancangan (Design)

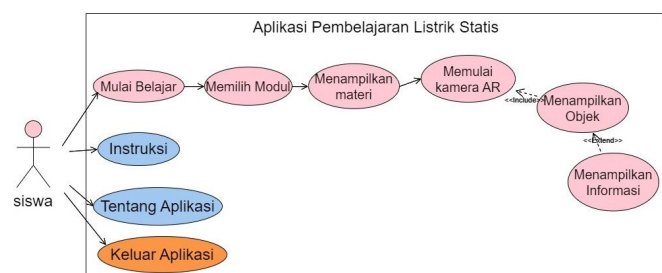
Arsitektur perancangan aplikasi digambarkan dalam bentuk *Usecase* diagram dan perancangan UI sebagai gambaran dalam proses pembuatan aplikasi.

Gambar 3 merupakan *usecase diagram* dari aplikasi pembelajaran listrik statis yakni diagram yang menunjukkan interaksi antara siswa sebagai *actor* dengan sistem aplikasi pembelajaran listrik statis yang akan dibuat.

Langkah selanjutnya yaitu pembuatan atau merancang tampilan UI aplikasi sehingga memudahkan peneliti untuk merancang UI yang baik untuk pengguna.

C. Pengumpulan Bahan (Material Collecting)

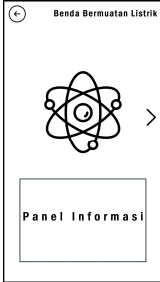
Sebelum memulai proses pengembangan aplikasi, penulis terlebih dahulu mempersiapkan semua elemen yang sesuai dengan kebutuhan sistem mulai dari materi pembelajaran yang digunakan hingga kebutuhan *asset* untuk proses pengembangan aplikasi yang dapat dilihat pada Tabel III *Collecting Material*.

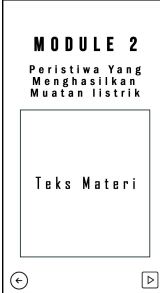


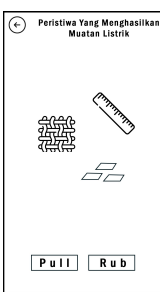
Gambar 2 *Usecase* Diagram Aplikasi Pembelajaran Listrik Statis

TABEL II
PERANCANGAN UI

No	Rancangan UI	Keterangan
1.		Tampilan Menu Utama Action: Menampilkan <i>Main Menu</i> sebagai tampilan awal yang akan muncul ketika aplikasi dijalankan. Pada menu utama terdapat 4 tombol sesuai dengan fungsinya masing-masing.
2.		Tampilan Menu Instruction Action: Menampilkan <i>menu instruction</i> yang berisikan panduan penggunaan aplikasi.
3.		Tampilan Menu about Action: Menampilkan <i>menu about</i> yang berisikan teks penjelasan mengenai aplikasi.
4.		Tampilan Menu START Action: Menampilkan <i>menu START</i> yaitu menu yang berisikan modul yang akan dipelajari. <i>User</i> memilih salah modul berdasarkan urutan.
5.		Tampilan Modul 1 Action: Menampilkan teks bacaan materi sesuai dengan topik modul 1

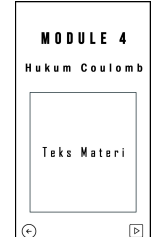
6. 

Tampilan Kamera AR Modul 1
Action:
Membuka kamera AR untuk memindai *marker* modul 1 dan menampilkan objek 3D model atom, panel penjelasan dan tombol next.
8. 

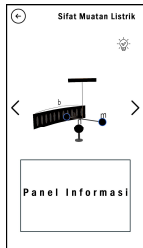
Tampilan Modul 2
Action:
Menampilkan teks bacaan materi sesuai dengan topik modul 2
9. 

Tampilan Kamera AR Modul 2
Action:
Membuka kamera AR untuk memindai *marker* modul 2 dan menampilkan objek 3D penggaris, potongan kertas, dan kain wol serta tombol rub dan pull yang berfungsi untuk memainkan animasi pada objek.
11. 

Tampilan Modul 3
Action:
Menampilkan teks bacaan materi sesuai dengan topik modul 3.
12. 

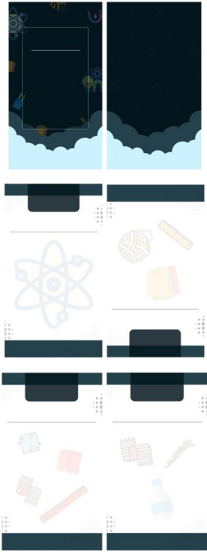
Tampilan Kamera AR Modul 3
Action:
Membuka kamera AR untuk memindai *marker* modul 3 dan menampilkan objek 3D penggaris, kaca, dan kain sutra serta tombol untuk memulai animasi.
20. 

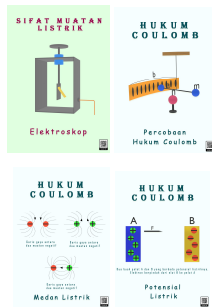
Tampilan Modul 4
Action:
Menampilkan teks bacaan materi sesuai dengan topik modul 4.

21. 

Tampilan Kamera AR Modul 4
Action:
Menampilkan animasi percobaan Hukum Coulomb menggunakan necara puntir, panel penjelasan, tombol kesimpulan, dan tombol next.

TABEL III
COLLECTING MATERIAL

No	Asset	Keterangan
1.		Gambar-gambar yang digunakan sebagai <i>BACKground</i> dari tampilan menu utama, tampilan <i>START</i> , tampilan di setiap modul dan tampilan saat memulai AR kamera di setiap modul.
5.		Gambar yang digunakan sebagai <i>marker</i> yang digunakan untuk menampilkan objek AR.



9.



Model objek 3D generator van de graaff

Sumber:

<https://sketchfab.com/tags/van-de-graaff-generator>

10.



Tombol yang digunakan pada aplikasi.

Sumber:

<https://www.freepik.com/>

D. Perakitan (Assembly)

Tahap pembuatan atau assembly terbagi menjadi 3 yaitu, integrasi *Vuforia* ke *Unity engine*, *modeling* dan animasi objek 3D, serta pembuatan aplikasi.

Hal pertama yang perlu dilakukan adalah memastikan sudah mempunyai akun di situs resmi *Vuforia*. Setelah itu login dengan akun yang sudah dibuat lalu pergi *menu develop* > *license manager* untuk membuat *license key* yang nantinya akan digunakan pada aplikasi AR yang akan dibuat. *License key* yang dibuat diberi nama AplikasiARListrikStatistik kemudian *copy* untuk nanti digunakan pada *Unity engine*.

Setelah membuat *license key*, masuk ke *tab target manager* untuk membuat *database* sebagai tempat untuk menyimpan semua *marker* yang akan digunakan pada Aplikasi Pembelajaran Listrik Statis.

Langkah selanjutnya adalah mengatur konfigurasi *Vuforia* di *Unity engine* dengan cara pergi ke *tab window* lalu masuk ke *Vuforia Configuration*.

Setelah selesai mengintegrasikan *vuforia* ke *Unity*. Tahap selanjutnya yaitu membuat objek dan animasi AR menggunakan *Blender 3D*.

Objek atom dibuat dari *uv sphere* yang diduplikat menjadi beberapa objek membentuk proton, neutron dan elektron. Lingkaran hitam yang menjadi lintasan putaran elektron dibuat dari *circle*. Objek kemudian diberi *texture* kemudian dibuatkan animasi menggunakan *keyframe*.

Pada animasi percobaan listrik statis 1 objek 3D terdiri dari penggaris plastik, potongan kertas dan kain wol. Objek-objek dibuat dari *mesh* kemudian diberi *texture* dan dibuatkan animasi menggunakan *keyframe*.

Objek 3D pada animasi yang pertama terdiri dari penggaris plastik yang digantung, kain sutra, dan juga sebatang kaca.

Gambar 9 merupakan tampilan ketika membuat model dan animasi percobaan *Hukum Coulomb*. Kedua bola dibuat menggunakan *uv sphere*, skala b dibuat menggunakan *circle* dan untuk setiap keterangan dibuat menggunakan *text*. Objek yang dibuat kemudian diberi *texture* yang dapat dilihat pada gambar 4.11. Setelah diberi *texture* lanjut pada pembuatan animasi yang dibuat menggunakan *keyframe* dengan menandai setiap lokasi dan rotasi objek pada *frame* tertentu sehingga menghasilkan suatu gerakan yang diinginkan.

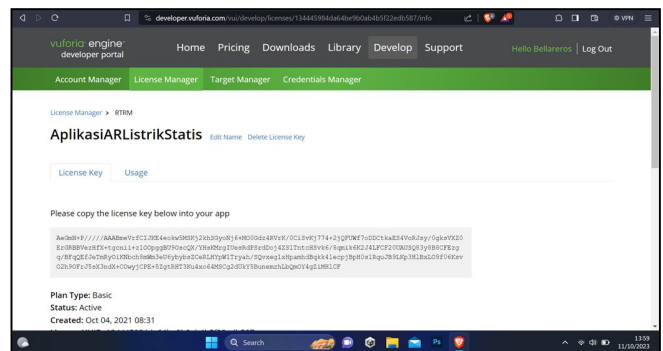
Gambar 11 merupakan tampilan *Unity* ketika membuat halaman menu utama. Ketika memulai proyek baru pada *Unity engine* akan ada folder *ExampleAssets* yang mana didalamnya terdapat *SampleScene*. *SampleScene* inilah yang kemudian dijadikan sebagai *scene* menu utama.

Gambar 12 merupakan proses pembuatan tampilan *Menu START* pada *Unity*. Untuk membuat *menu START* ditambahkan *scene* baru dan diberi nama *START*.

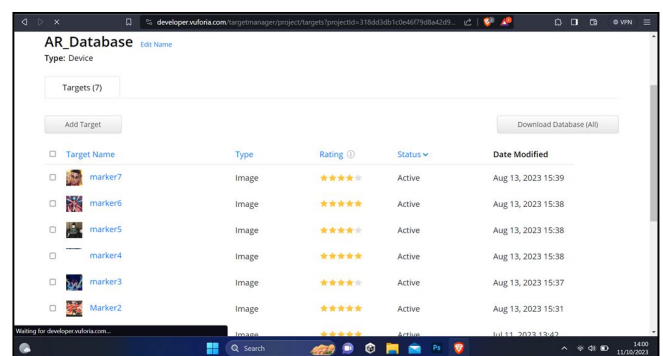
Gambar 13 merupakan tampilan *Unity* saat membuat *Menu Read Me (Instruction)*.

Gambar 14 merupakan proses pembuatan *Menu About* menggunakan *Unity*. *Menu about* merupakan *scene* baru yang dibuat dan ditambahkan *UI image* ke dalam canvas sebagai *BACKGROUND* dari *menu about*.

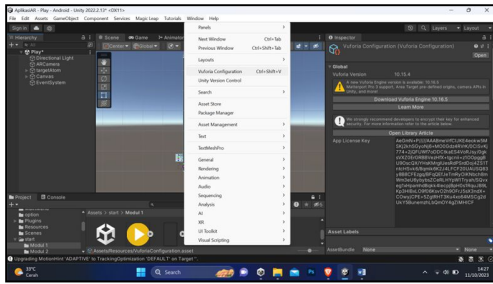
Gambar 15 merupakan tampilan *Unity* untuk proses pembuatan halaman modul. *Menu module* merupakan *scene* baru yang dibuat dengan menambahkan *UI image* sebagai *BACKGROUND*, *UI text* untuk setiap *text* yang ada dalam *menu module* serta *UI button* untuk *button BACK* dan *button PLAY*.



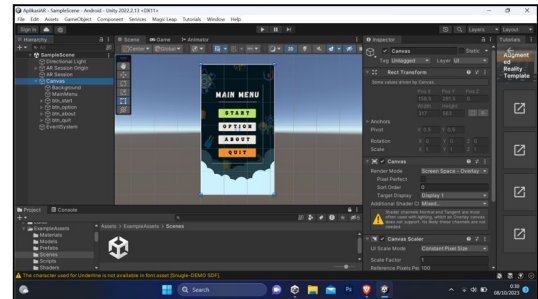
Gambar 3 Pembuatan *license key* di website *vuforia*.



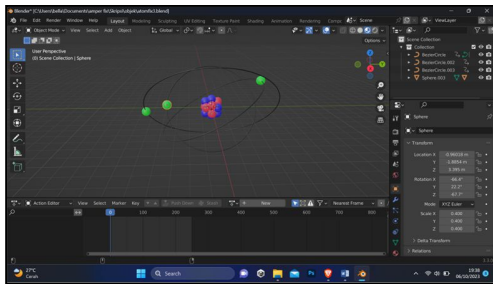
Gambar 4 Pembuatan *Database* di Website *vuforia*.



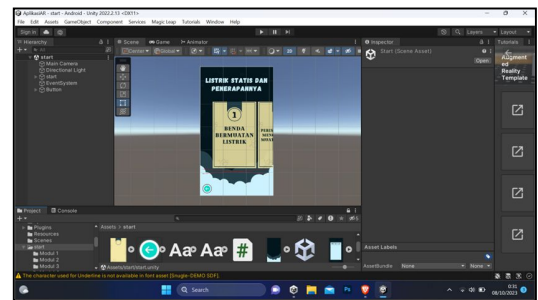
Gambar 5 Konfigurasi *vuforia* di *Unity*.



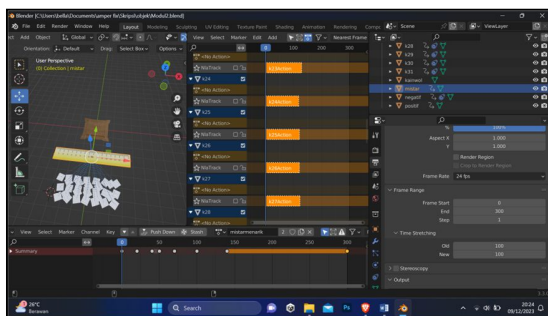
Gambar 10 Pembuatan Menu Utama.



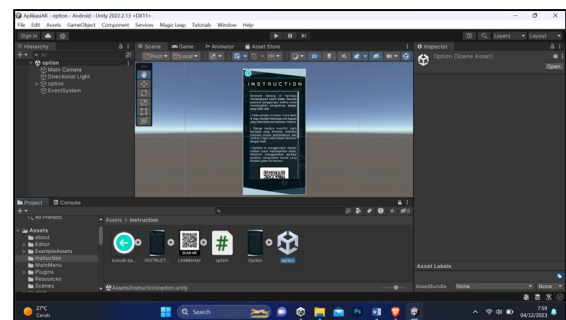
Gambar 6 Modeling dan animasi atom.



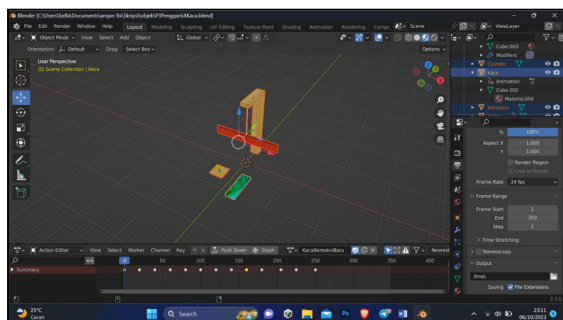
Gambar 11 Pembuatan Menu *START*.



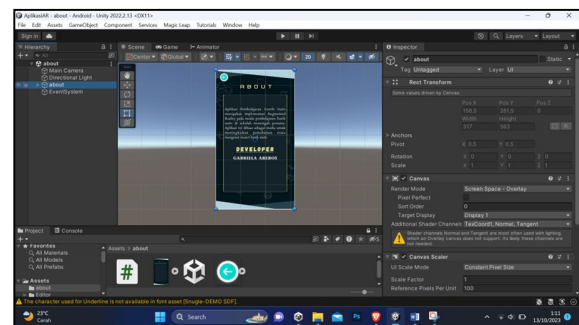
Gambar 7 Pembuatan model dan animasi percobaan listrik statis 1.



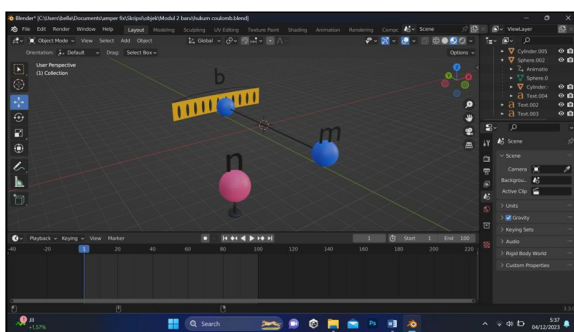
Gambar 12 Pembuatan *Instruction*.



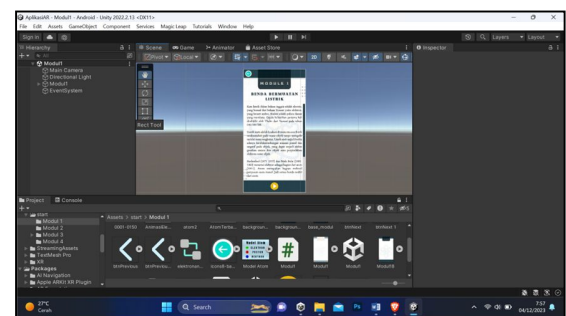
Gambar 8 Pembuatan model dan animasi percobaan listrik statis 2.



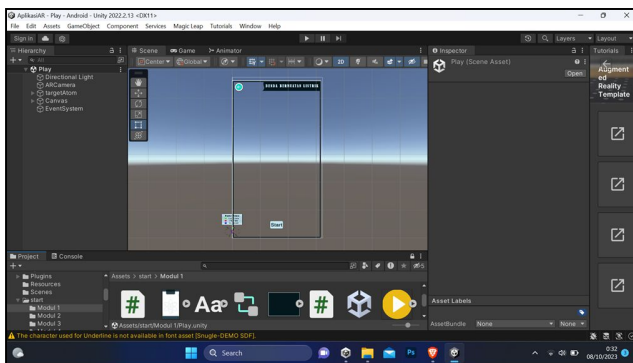
Gambar 13 Pembuatan menu *About*.



Gambar 9 Pembuatan model dan animasi percobaan listrik statis 3.



Gambar 14 Pembuatan Menu Modul.



Gambar 15 Pembuatan tampilan Kamera AR.

TABEL III
ALPHA TESTING

Pengujian	Hasil
	Menunjukkan tampilan <i>Main Menu</i> yang berhasil dimuat ketika aplikasi dimulai. Pada saat aplikasi dijalankan maka akan langsung masuk ke halaman <i>Main Menu</i> . Pada <i>Main Menu</i> terdapat 4 tombol, yakni tombol <i>START</i> , <i>READ ME</i> , <i>ABOUT</i> serta <i>QUIT</i> dan akan dilihat apakah masing-masing tombol bisa berfungsi dengan baik atau tidak.
	Menunjukkan tampilan halaman <i>About</i> yang berhasil dimuat ketika tombol <i>ABOUT</i> pada halaman <i>Main Menu</i> ditekan. Tombol <i>ABOUT</i> pada <i>Main Menu</i> berfungsi untuk masuk ke halaman <i>About</i> yang berisikan informasi mengenai pengembangan aplikasi.
	Merupakan tampilan <i>instruction</i> ketika <i>user</i> menekan tombol <i>READ ME</i> pada <i>Main Menu</i> . Tombol <i>READ ME</i> berfungsi untuk menampilkan <i>instruction</i> atau panduan penggunaan aplikasi serta <i>qr-code</i> yang berisi link untuk mengunduh <i>marker</i> .
	Merupakan tampilan Menu <i>START</i> ketika <i>user</i> menekan tombol <i>START</i> di halaman <i>Main Menu</i> . Tombol <i>START</i> berfungsi untuk masuk ke Menu <i>START</i> dimana terdapat pilihan module pembelajaran. Pada halaman <i>START</i> terdapat 4 tombol yang dapat digeser yang akan membawa <i>user</i> masuk ke module pembelajaran.
	Menunjukkan halaman modul yang berhasil ditampilkan ketika <i>user</i> menekan tombol modul pada halaman <i>START</i> . Pada halaman ini terdapat teks materi yang dapat <i>discroll</i> . Tombol <i>BACK</i> untuk kembali ke halaman Menu <i>START</i> dan tombol <i>PLAY</i> yang berfungsi membuka kamera AR.



Menunjukkan tampilan kamera AR yang berhasil dibuka ketika *user* menekan tombol *PLAY* pada halaman *module*. Pada layar terdapat teks petunjuk agar *user* mengarahkan kamera ke *marker* yang sesuai.

Merupakan tampilan yang muncul ketika *user* mengarahkan kamera ke *marker*. Kamera AR berhasil memindai *marker* sehingga teks arahan menghilang dari layar dan menampilkan Objek dan Animasi AR. Pada halaman ini juga terdapat tombol *BACK* untuk kembali ke halaman *module* dan tombol *NEXT* yang berfungsi menampilkan objek kedua dari *marker* yang sama.

E. Pengujian (Testing)

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap aplikasi pembelajaran AR apakah sudah bisa berjalan dengan baik sehingga layak untuk didistribusikan kepada pengguna akhir. Pengujian ini terbagi ke dalam 2 tahapan yaitu *Alpha Testing* dan *Beta Testing*.

1) Pengujian Alpha

Alpha Testing merupakan tahapan yang bertujuan untuk melihat apakah aplikasi sudah tidak memiliki *error* atau fungsi-fungsi pada aplikasi sudah berjalan dengan baik atau tidak. Hasil pengujian alfa dapat dilihat pada penjelasan berikut.

2) Pengujian Beta

Beta testing merupakan tahapan pengujian yang dilakukan untuk melihat apakah aplikasi yang dibuat sudah memenuhi tujuan penelitian atau tidak. Pada pengujian *beta testing* peneliti membagi menjadi 3 tahapan yaitu, *Pre-test*, *Post-test*, dan Kuisioner penilaian aplikasi. *Pre-test* dilakukan sebelum responden menggunakan aplikasi, *post-test* dilakukan setelah responden menggunakan aplikasi, dan kuisioner penilaian aplikasi dilakukan setelah responden melakukan *post-test*.

Pengujian ini dilakukan pada Jumat, 1 Desember 2023 di SMP Garuda Manado kelas 9A dan 9B yang berjumlah 37 orang. Masing-masing tahap terdiri dari 15 butir pertanyaan dalam bentuk *google form* yang akan dijelaskan sebagai berikut.

Pre-test merupakan pengujian yang dilakukan untuk melihat seberapa jauh pemahaman peserta didik mengenai materi listrik statis. *Test* ini terdiri dari 15 soal yang diambil dari materi listrik statis.

Gambar 16 merupakan *score* yang diperoleh masing-masing peserta didik berdasarkan pertanyaan yang diberikan. *Score* yang diperoleh setiap peserta didik kemudian akan dibagi 150 dan dikali 100 untuk memperoleh nilai akhir dari peserta didik. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh nilai rata-rata sebesar 51,89.

Pada tahap *post-test* akan dilihat apakah pemahaman peserta didik setelah menggunakan aplikasi pembelajaran listrik statis meningkat atau tidak. Tes ini terdiri 15 pertanyaan yang sama dengan tes sebelumnya.

Pada tes ini diharapkan nilai yang diperoleh peserta didik lebih tinggi dari nilai yang diperoleh pada *pre-test* sehingga menunjukkan bahwa pemahaman peserta didik mengalami

peningkatan. Berdasarkan hasil *post-test* maka diperoleh nilai rata-rata *post-test* sebesar 64,32.

F. Pendistribusian (Distribution)

Setelah melalui tahapan pengujian aplikasi sudah memenuhi syarat dapat didistribusikan kepada pengguna akhir yakni peserta didik kelas 9 SMP sebagai media pembelajaran yang dapat digunakan dalam proses belajar.

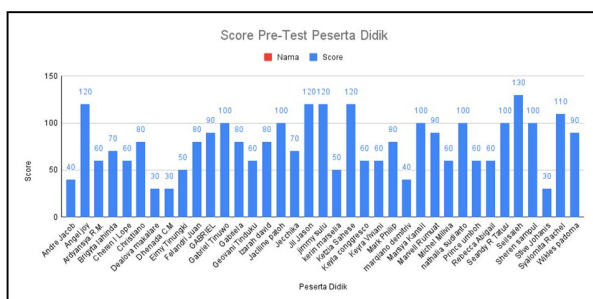
Aplikasi Pembelajaran Listrik Statis *dibuilt* dalam bentuk format file .apk dengan nama AplikasiAR. Aplikasi kemudian disimpan pada *Google drive* bersamaan dengan *Marker* yang digunakan pada modul pembelajaran. Aplikasi ini telah didistribusikan kepada pengguna akhir di SMP Garuda Manado, pada Jumat 1 Desember 2023. Berikut merupakan link yang dapat diakses untuk mengunduh aplikasi dan *marker* pembelajaran listrik statis:

https://drive.google.com/drive/folders/1SopV_ubLM_IwHLD_q3QjXtyLm06nJEngm?usp=sharing

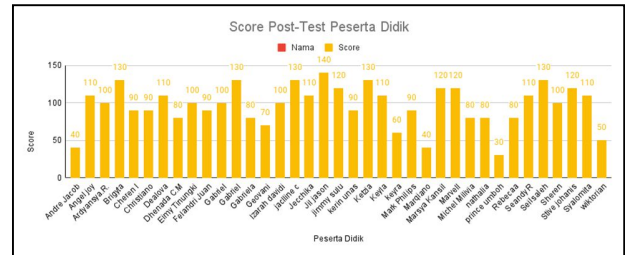
IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian dengan judul Implementasi *Augmented Reality* pada Media Pembelajaran Listrik Statis di Sekolah Menengah Pertama yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan yaitu Aplikasi AR Pembelajaran Listrik Statis dibuat menggunakan *Unity Engine* dan *Vuforia SDK* sebagai *tools* perakitan aplikasi dan *Blender 3D* untuk *modeling* dan animasi objek AR. Berdasarkan data yang diperoleh dari *Beta Testing* 67% responden mengalami peningkatan pemahaman mengenai materi listrik statis setelah menggunakan Aplikasi Pembelajaran Listrik Statis sehingga dapat dilihat bahwa teknologi *Augmented Reality* dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran untuk membantu proses belajar menjadi lebih baik.

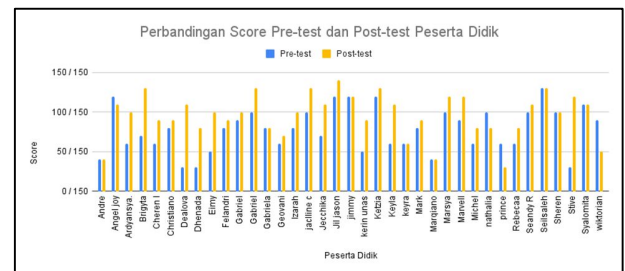
Penelitian Implementasi *Augmented Reality* pada Media Pembelajaran Listrik Statis di Sekolah Menengah Pertama yang telah dilakukan masih memiliki beberapa hal yang perlu ditinjau kembali yakni Aplikasi Pembelajaran Listrik Statis dapat dikembangkan ke berbagai *platform* yang lain tidak hanya terbatas pada *Android*. *Augmented Reality* yang dibuat dapat dikembangkan menjadi lebih interaktif sehingga menambah ketertarikan pengguna untuk menggunakan aplikasi pembelajaran dalam proses belajar.



Gambar 16 Score Pre-test Peserta didik.



Gambar 17 Score Post-test peserta didik.



Gambar 18 Perbandingan score Pre-test dan Post-test Peserta Didik.

V. KUTIPAN

- [1] Kamaruddin Rismawati and Thahir Rahmatia, "PENGARUH MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS AUGMENTED REALITY (AR) TERHADAP HASIL BELAJAR BIOLOGI SISWA SMA," *JRIP : Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran*, vol. 1, Aug. 2021.
- [2] B. Artawan, "Apa itu Augmented Reality?," *Teknologi Informasi dan Komunikasi UNDIKSHA*. Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: [https://uptik.undiksha.ac.id/apa-itu-augmented-reality/#:~:text=Augmented%20Reality%20\(AR\)%20dapat%20didefinisikan,atau%20memproyeksikannya%20secara%20real%20time](https://uptik.undiksha.ac.id/apa-itu-augmented-reality/#:~:text=Augmented%20Reality%20(AR)%20dapat%20didefinisikan,atau%20memproyeksikannya%20secara%20real%20time)
- [3] Dali Eggha Savitri, Londa Treesje Katrina, and Komansilan Alfrits, "ANALISIS KESULITAN SISWA DALAM MEMECAHKAN SOAL FISIKA PADA MATERI LISTRIK STATIS DI SMP NEGERI 1 TUMPAAN DI ERA COVID-19," *Jurnal Pendidikan Fisika Charm Sains*, vol. 2, Jun. 2021, Accessed: Apr. 17, 2023. [Online]. Available: <https://eurekaunima.com/index.php/jpfunima/article/view/117/78>
- [4] Nanlohy Cheryl, Tulenan Virginia, Sambul Alwin, Adinata Harni, and Mapaly Heilbert, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Fungsi Organ Tubuh Manusia Berbasis Augmented Reality," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 15, Mar. 2020, Accessed: Mar. 02, 2023. [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/download/28908/28481&ved=2ahUKEwj3lzx4_qCAxVYqWGMGHZ2RAgoQFnoECA0QAQ&usg=AOvVaw3139tV8wYBCQx2EUFQYqK_
- [5] Mokodompit Mohammad Fitra, Paturusi Sary, and Tulenan Virginia, "Augmented Reality Applications For Learning English In Elementary School Children," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 16, Apr. 2021, Accessed: Feb. 02, 2023. [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/download/33197/32388&ved=2ahUKEwjtILG4_qCAxXv-DgGHXoiDP8QFnoECA4QAQ&usg=AOvVaw1p-FTDt8GAORRp1qZ0gbzP
- [6] Riskiono Sampurna Dadi, Susanto Try, and Kristianto, "Augmented reality sebagai Media Pembelajaran Hewan Purbakala," *KREA-TIF : Jurnal Teknik Informatika*, vol. 8, May 2020, Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/krea-tif/article/download/3369/1958/8243&ved=2ahUKEwjF3dPP5PqCAxW5yDgGHc_AwEQFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw15lpnwu3pgudVD5T9ZkUDs

- [7] Indahsari Bunga, Sugiarso Brave Angkasa, and Sengkey Daniel Febrian, "An Augmented Reality Interactive Card-based Human Blood Circulation System Learning Media for the 11th Grade Students," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 6, Sep. 2021, Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/download/34209/33760&ved=2ahUKEwjB_MGF4vqCAxW82TgGHUJPA8wQFnoECBEQAQ&usg=AOvVaw3bSd7uTqKUa8hPYgL OXM T
- [8] Setyawan Bintoro, Ruffi'i, and Fatirul Ach. Noor, "AUGMENTED REALITY DALAM PEMBELAJARAN IPA BAGI SISWA SD," *Jurnal Teknologi Pendidikan*, vol. 07, Jul. 2019, Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: <https://jurnalkwangsan.kemdikbud.go.id/index.php/jurnalkwangsan/article/download/131/pdf>
- [9] Alisyafiq Shidqie, Hardiyana Bella, and Dhaniawaty Rani Puspita, "Implementasi Multimedia Development Life Cycle Pada Aplikasi Pembelajaran Multimedia Interaktif Algoritma dan Pemrograman Dasar Untuk Mahasiswa Berkebutuhan Khusus Berbasis Android," *Jurnal Pendidikan Kebutuhan Khusus*, vol. 5, Sep. 2021, Accessed: Mar. 08, 2023. [Online]. Available: <https://jppk.ppj.unp.ac.id/index.php/jppk/article/view/594/106>
- [10] Rahman Arif, "Listrik Statis." Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: <https://sites.google.com/view/fisikapakarif/materi/listrik-statis>
- [11] Pakpahan Andrew Fernando, *Pengembangan Media Pembelajaran*. Yayasan Kita Menulis, 2020. Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=IZgQEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA53&dq=pengertian+pembelajaran&ots=fame1NaG3&sig=H-qRxSyy6Zq9-G9-VxGG0RIEvdk&redir_esc=y#v=onepage&q=pengertian%20pembelajaran&f=false



Penulis bernama lengkap **Gabriela Areros**, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis lahir di Kulu, 28 September 2001. Penulis mulai menempuh Pendidikan TK GMIM Hermon Kulu pada tahun 2006. Lalu penulis melanjutkan pendidikan di SD GMIM 80 Kulu

pada tahun 2008, lalu melanjutkan pendidikan di SMP Garuda Manado pada tahun 2013, kemudian lanjut di SMAN 1 Manado pada tahun 2016 – 2019. Tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan S1 di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Sam Ratulangi, Sulawesi Utara. Selama perkuliahan penulis tergabung sebagai anggota organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Elektro FT-UNSRAT (HME). Pada tahun 2021 penulis bergabung ke Paguyuban KSE Unsrat sebagai beswan aktif Karya Salemba Empat Universitas Sam Ratulangi Manado.