

PEMBUATAN APLIKASI *AUGMENTED REALITY* “METAMORFOSIS HEWAN”

Kevin Kindangen ^{*1}, Debby Paseru¹, Michael Sumampouw¹

¹Program Studi Teknik Informatika; Fakultas Teknik

¹Universitas Katolik De La Salle Manado; Kairagi I Kombos Manado, Telp(0431)871957

e-mail: kevin.kindangen1996@gmail.com*

Abstrak— Daur hidup adalah seluruh tahapan pertumbuhan makhluk hidup. Pada hewan, daur hidup dimulai dari telur sampai dewasa. Contohnya daur hidup kupu-kupu, nyamuk, lalat, katak, dan belalang berbeda-beda. Hewan tersebut mengalami perubahan bentuk tubuh dalam pertumbuhannya. Proses perubahan bentuk hewan ini disebut metamorfosis.

Metamorfosis merupakan siklus hidup bagi beberapa hewan seperti kupu-kupu, belalang, kecoak dan nyamuk. Proses ini membutuhkan waktu yang lama sehingga orang tidak dapat melihat secara langsung proses perubahan bentuk dari hewan tersebut. Untuk melihat proses tersebut tanpa harus menunggu maka akan dibangun aplikasi pengenalan metamorfosis pada hewan berbasis *augmented reality* di mana akan menampilkan visualisasi proses metamorfosis tidak sempurna dari hewan belalang dan kecoak dalam bentuk 3D sesuai dengan objek di dunia nyata dengan menggunakan *augmented reality*.

Metode pengembangan yang digunakan untuk membuat aplikasi tersebut adalah *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) dibantu dengan aplikasi pendukung Blender dan Zbrush untuk pembuatan model 3D, dan juga Unity untuk membuat model 3D dan animasi menjadi *augmented reality*.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa aplikasi *Augmented Reality* “Metamorfosis Hewan” dapat berfungsi dengan baik untuk menjelaskan proses metamorfosis tidak sempurna menggunakan metode *markerless*.

Kata Kunci— *Augmented Reality*, *Markerless*, *Metamorfosis*, *Daur hidup*.

I. PENDAHULUAN

Daur hidup pada hewan dimulai dari telur sampai dewasa dan setiap hewan memiliki daur hidup yang berbeda-beda.. Contohnya daur hidup kupu-kupu akan berbeda dengan daur hidup nyamuk, lalat, katak, belalang dan hewan lain. Hewan tersebut mengalami perubahan bentuk tubuh dalam pertumbuhannya. Proses perubahan bentuk hewan ini disebut metamorfosis. Metamorfosis dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu metamorfosis sempurna dan metamorfosis tidak sempurna. [1].

Pengamatan terhadap proses metamorfosis biasanya membutuhkan waktu yang cukup lama, sesuai jumlah hari perkembangan daur hidup. Olehnya untuk mempersingkat waktu pengamatan, ada berbagai media yang dapat membantu, salah satunya adalah menggunakan aplikasi *Augmented Reality* (AR). AR adalah teknik untuk mendukung penampakan pada lingkungan sekitar secara *real-time*. Teknologi ini dapat membuat informasi yang ada di dunia nyata menjadi lebih menarik dan lebih mudah diolah secara digital dengan menggunakan *marker* atau *markerless* [2].

Penelitian mengenai AR metamorfosis hewan sudah cukup banyak, misalnya penelitian oleh Aisa dkk [3]. Namun sayangnya pada penelitian Aisah dkk [3] masih menggunakan *marker* untuk menampilkan objek, di mana *marker* harus dicetak pada kertas dan aplikasi akan memindai *marker* tersebut. Demikian juga dengan penelitian dari Wahyudi dkk [4] yang menggunakan *marker* untuk menampilkan kupu-

kupu yang dipindai langsung pada buku pelajaran untuk siswa SMP. Selanjutnya, ada penelitian dari Lado [5] menggunakan AR pula untuk menjelaskan mengenai Metamorfosis Sempurna dan Tidak Sempurna. Dari beberapa penelitian tersebut, objek penelitian biasanya hanya membahas metamorfosis sempurna sehingga penelitian ini akan membahas proses metamorfosis tidak sempurna, khususnya belalang dan kecoak. Kedua hewan tersebut dijadikan objek penelitian karena hewan tersebut sangat dekat dengan kehidupan manusia. Kecoak merupakan hewan pembawa penyakit sehingga perlu dicegah perkembangbiakannya dan elalang sudah jarang ditemukan pada pemukiman penduduk sehingga menarik untuk diamati.

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu aplikasi *markerless* AR mengenai proses metamorfosis tidak sempurna dari kecoak dan belalang supaya dapat diamati dan dipelajari mengenai proses perkembangbiakannya secara menarik, mudah dan cepat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Metamorfosis

Metamorfosis atau daur hidup adalah perputaran waktu bagi makhluk hidup, yang terdiri dari tahap-tahap atau proses [6]. Contoh hewan yang bermetamorfosis yaitu katak, kecoak, kupu-kupu, belalang, jangkrik, lalat, dan nyamuk. Metamorfosis ada dua macam, yaitu metamorfosis sempurna dan metamorfosis tidak sempurna

1. Metamorfosis Sempurna

Metamorfosis sempurna akan mengalami perubahan bentuk tubuh yang berbeda pada setiap fase, di mana setiap hwan akan melalui 4 tahapan pertumbuhan dan perubahan, yakni telur, larva, pupa dan dewasa. Contohnya kupu-kupu, nyamuk dan lalat.

2. Metamorfosis Tidak Sempurna

Metamorfosis tidak sempurna adalah metamorfosis yang melalui tahap telur yang menetas menjadi nimfa, kemudian tumbuh dewasa dan berkembang menjadi imago dewasa. Hal ini ditandai dengan adanya bentuk tubuh yang sama tapi berbeda pada salah satu fase metamorfosis. Contoh dari hewan yang mengalami metamorfosis tidak sempurna, yaitu belalang, jangkrik, dan kecoak [7].

a. Belalang

Belalang termasuk dalam golongan hewan yang bermetamorfosis tidak sempurna. Belalang mempunyai 3 tahap bermetamorfosis, dimulai dari tahap telur, tahap nimfa sehingga menjadi belalang dewasa.

b. Kecoak

Kecoak, coro, atau lipas mengalami proses metamorfosis tidak sempurna, yaitu dimulai pada tahap telur, nimfa, dan tahap akhir yaitu kecoak dewasa [8].

Perbedaan dari kedua jenis metamorfosis terletak pada bentuk tubuh yang sangat berbeda dimulai dari tahap telur

hingga pada tahap dewasa. Sebagai contoh, kupu-kupu mengalami proses metamorfosis dari telur, lalu menjadi larva, kemudian bentuknya menjadi pupa, dan pada tahap terakhir menjadi kupu-kupu. Namun pada hewan yang mengalami metamorfosis tidak sempurna, tidak akan mengalami perubahan bentuk yang signifikan seperti pada hewan yang bermetamorfosis sempurna. Hewan yang bermetamorfosis tidak sempurna bentuk tubuhnya akan sama seperti tubuh dewasanya, hanya saja beberapa bagian tubuhnya belum bertumbuh, seperti pada tahap nimfa yang belum memiliki sayap, namun sayap itu akan tumbuh pada tahap akhir atau tahap dewasa [9].

B. Augmented Reality

Augmented reality adalah hasil gabungan dari dunia nyata dan virtual yang bersifat interaktif secara *real time*, dan bentuknya merupakan animasi 3D. Interaktif berarti adanya interaksi antara *user* atau objek yang dipasangkan *augmented reality*, dengan cara menggunakan tombol dari *device* yang digunakan atau memberi efek pada *augmented reality* [10]. AR memiliki 2 jenis yakni:

1. Marker Based Tracking

Metode *Marker based tracking* ini menggunakan *marker* untuk dijadikan sebagai wadah untuk menampilkan objek. Metode ini membutuhkan pencahayaan dan hasil *marker* yang bagus untuk menampilkan objek yang ada dalam *marker* tersebut [10].

2. Markerless Based Tracking

Metode ini tidak membutuhkan *marker* yang menjadi tanda untuk menampilkan objek. Metode ini dapat menampilkan objek pada dunia nyata, dan lingkungan sekitar yang lebih luas daripada *marker based tracking*. Metode ini juga mempunyai beberapa teknik yang telah dikembangkan, yaitu *face tracking*, *3D object tracking*, *motion tracking*, dan *location based*.

Pada penelitian ini, aplikasi yang dibangun akan menggunakan *markerless based tracking* melalui pindaian terhadap bidang datar untuk memunculkan objek dari hewan-hewan yang akan bermetamorfosis.

C. Unity 2019.2.8f1

Unity Technologies dibangun di tahun 2004 oleh David Helgason, Nicholas Francis dan Joachim Ante. Unity merupakan salah satu *game development platform engine* yang sering digunakan untuk membangun sebuah aplikasi atau *video games* yang mempunyai objek 2D dan 3D.

Unity ini mempunyai kelebihan, yaitu dapat dijalankan pada beberapa *platform* berbeda contohnya dari *platform* iOS dan Android. Kelebihan ini yang membuat Unity dapat bersaing dengan *game development platform engine* yang lain [11].

D. VoidAR

VoidAR adalah *Software Development Kit* (SDK) khusus *Augmented Reality* (AR) yang terintegrasi dengan Unity 3D. SDK ini gratis bagi pengembang aplikasi yang memanfaatkan teknologi AR dan mudah digunakan. VoidAR merupakan teknologi yang meneruskan dari pengembangan teknologi AR yang memenuhi imajinasi dari pengembang, kreativitas dan konten yang disediakan VoidAR berkualitas tinggi. VoidAR ini berfungsi untuk membuat target dari objek yang menggunakan *markerless* [12].

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah Studi Pustaka. Dengan menggunakan studi pustaka, khususnya mempelajari penelitian-penelitian sebelumnya, objek penelitian ini yaitu metamorfosis tidak sempurna untuk kecoak dan belalang dapat ditentukan. Selain itu pula, terdapat metode pengembangan aplikasi yang digunakan dalam pembangunan aplikasi AR ini, yaitu *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) [13]. Tahapan dari metode ini adalah:

1. Analysis

Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi kebutuhan yang akan dihasilkan penelitian awal dan terdiri dari analisis kebutuhan, analisis konten, analisis target pengguna dan analisis teknologi.

2. Pretesting

Tahap *pretesting* ini bertujuan untuk mendefinisikan tujuan dari proyek, penjualan dan pemasaran (jika ada) dan juga pembuatan prototype pada kertas.

3. Prototype Development

Prototype Development adalah tahap untuk pembuatan *mock-up*, peta konsep, pembuatan storyboard, pembuatan *flowchart* dan pembuatan *script* atau *storyline*.

4. Alpha Development

Tahap *Alpha Development* ini terdiri dari pembuatan tampilan antarmuka aplikasi, suara dan video, produksi model 3D dan pemecahan masalah teknis jika terdapat kesalahan teknis dalam proses pengembangan aplikasi.

5. Beta Development

Tahap *Beta Development* ini adalah tahapan pengujian untuk melihat respons dari aplikasi dan persiapan manual dokumen.

6. Delivery

Delivery adalah tahap yang terdiri dari penyiapan pendukung teknis, penyelesaian pembayaran kepada pihak terkait, penggandaan dari produk, serta peluncuran dari produk. Untuk pembangunan aplikasi ini penulis hanya sampai pada tahapan *beta development* dan tidak melakukan tahap *delivery*.

IV. PEMBAHASAN

A. Analisis

Pada bagian ini akan membahas tahapan multimedia yang meliputi tahap *analysis* dan tahap *pretesting*. Pada tahapan *analysis* akan diidentifikasi analisis kebutuhan, analisis konten, analisis target pengguna dan analisis teknologi. Pada tahapan *pretesting* akan mendefinisikan tujuan proyek, penjualan dan pemasaran dan membuat prototipe.

1. Spesifikasi Kebutuhan Sistem

Pada saat membangun aplikasi perlu diketahui kebutuhan sistem dan batasan aplikasi, yang dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1.
Spesifikasi Kebutuhan Sistem

Kebutuhan Sistem	Batasan
Objek hewan 3D	Objek hewan yang disediakan pada aplikasi ini adalah belalang dan kecoak.
Proses metamorfosis	Aplikasi akan menampilkan proses metamorfosis dari kedua hewan.

Kebutuhan Sistem	Batasan
Animasi pada objek 3D	Untuk melihat secara langsung proses metamorfosis tidak sempurna pada belalang dan kecoak.
Informasi hewan selama proses metamorfosis.	Untuk memberikan informasi secara detail mengenai tahapan-tahapan metamorfosis dan informasi bagian tubuh hewan dewasa.

2. Analisis Target Pengguna

Aplikasi yang dibuat dapat digunakan untuk semua kalangan yang ingin mengetahui secara langsung mengenai proses metamorfosis tidak sempurna pada hewan.

3. Analisis Konten

Pada tahapan ini akan dijelaskan elemen-elemen multimedia yang terdapat selama pembangunan aplikasi sehingga bisa diketahui perangkat lunak apa saja yang akan digunakan untuk membuat fitur-fitur pada aplikasi. Tabel 2 di bawah ini menjelaskan analisis konten.

Tabel 2.

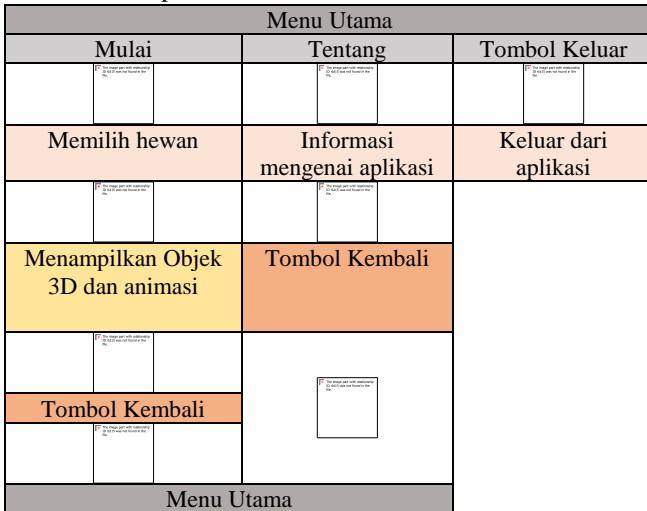
Analisis Konten

Elemen Multimedia	Format
Model 3D untuk hewan.	.fbx, .stl
Desain 2D untuk tombol, <i>icon</i> , <i>background</i> pada menu utama.	jpeg, jpg, png, UI Sprite
Animasi proses metamorfosis.	.anim

B. *Prototype Development*

Pada tahapan ini akan membahas tentang tahapan *prototype development* yang menghasilkan peta konsep, tampilan antarmuka (*storyboard*), *flowchart*, *script* atau cerita dan pengujian prototipe.

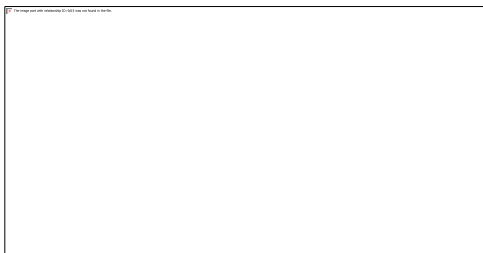
1. Peta Konsep



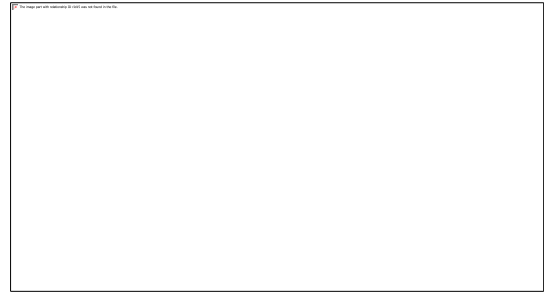
Gambar 1. Peta Konsep

2. *Storyboard*

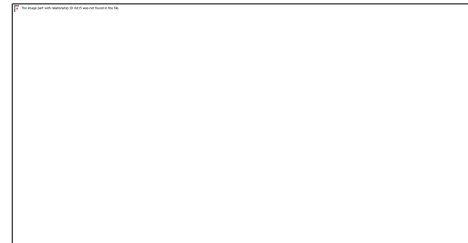
Pada tahap ini akan ditampilkan *storyboard* dari aplikasi yang akan dibangun.



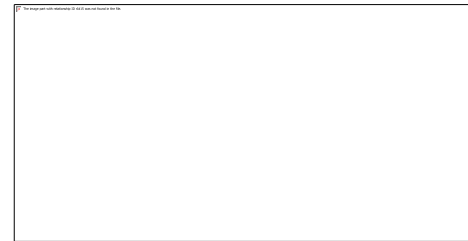
Gambar 2. Menu Utama



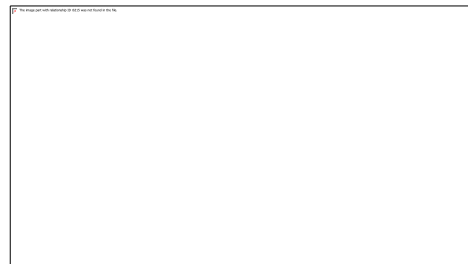
Gambar 3. Tentang aplikasi



Gambar 4. Memilih Hewan



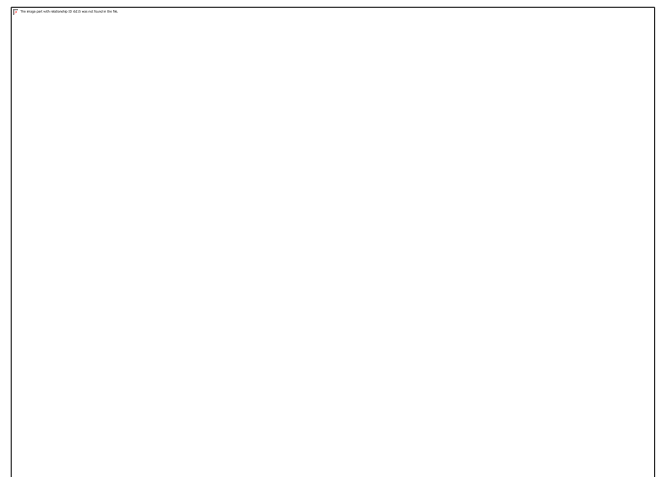
Gambar 5. Tampilan *Augmented Reality* (AR) Hewan



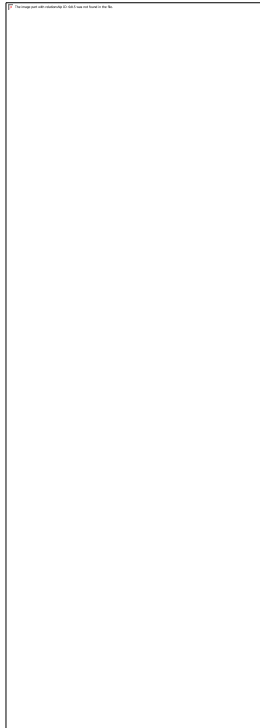
Gambar 6. Tampilan Tombol

3. *Flowchart*

Berikut ini adalah *flowchart* dari aplikasi untuk menunjukkan alur kerja dari Utama aplikasi Pengenalan metamorfosis pada hewan berbasis *augmented reality* (AR). *Flowchart* dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. *Flowchart* aplikasi



Gambar 8. Flowchart mendeteksi objek AR

D. Alpha Development

Setelah proses desain selain, maka akan dilanjutkan dengan tahapan *alpha development*. Pada tahapan ini akan dibuat hasil tampilan antarmuka aplikasi, suara dan video, produksi model 3D dan pemecahan masalah teknis jika terdapat kesalahan teknis dalam proses pengembangan aplikasi.

a. Tampilan Menu Utama

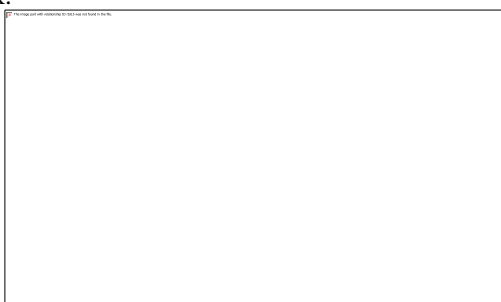
Gambar 9 merupakan tampilan Menu Utama aplikasi Pengenalan metamorfosis pada hewan berbasis *augmented reality* (AR).



Gambar 9. Tampilan Menu Utama

b. Tampilan Pilih Hewan

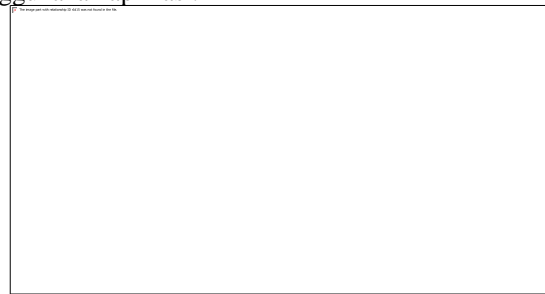
Pada Gambar 10 merupakan tampilan untuk memilih hewan yang akan ditampilkan proses metamorfosisnya. Terdapat dua hewan yang bisa dipilih, yaitu belalang dan kecoak.



Gambar 10. Tampilan Pilih Hewan

c. Tampilan Augmented Reality

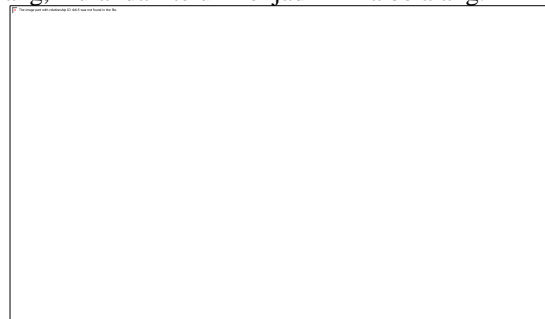
Pada Gambar 11 adalah tampilan untuk melihat proses metamorfosis hewan. Hewan dibuat dalam bentuk 3D menggunakan Unity 3D dan ditampilkan dalam bentuk *Augmented Reality* menggunakan VoidAR. Pada tampilan ini terdapat beberapa tombol untuk membantu pengguna menggunakan aplikasi.



Gambar 11. Tampilan Augmented Reality

d. Tampilan Telur Belalang

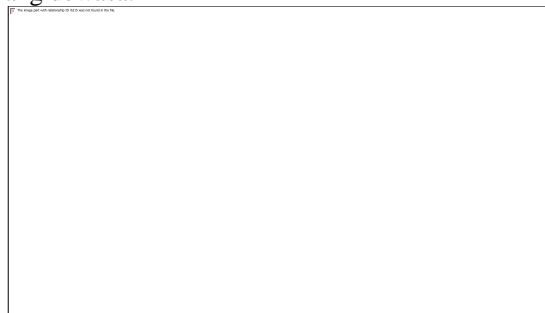
Pada Gambar 12 adalah tampilan proses metamorfosis belalang, mulai dari telur menjadi nimfa belalang.



Gambar 12. Tampilan Telur Belalang

e. Tampilan Nimfa Belalang

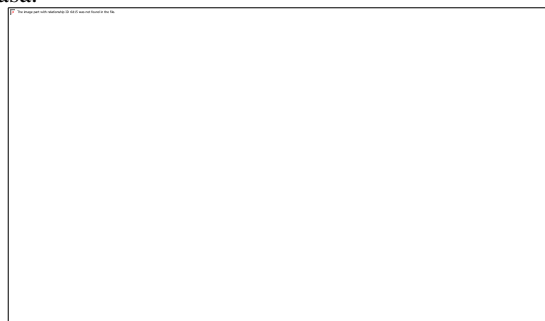
Pada Gambar 13 adalah tampilan nimfa belalang menjadi belalang dewasa.



Gambar 13. Tampilan Nimfa Belalang

f. Tampilan Belalang Dewasa

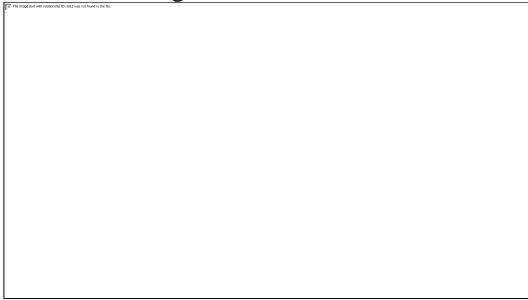
Setelah melewati tampilan nimfa akan menjadi belalang dewasa.



Gambar 14. Tampilan Belalang Dewasa

g. Informasi mengenai Belalang

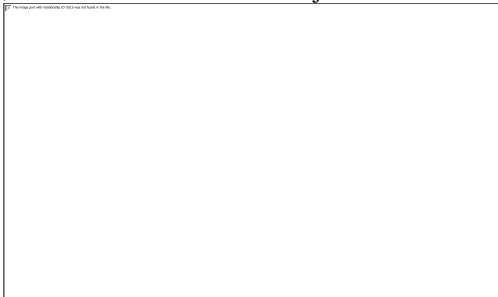
Pada Gambar 15 adalah tampilan mengenai detail informasi mengenai belalang mulai dari bagian tubuh, umur, dan ukuran tumbuh belalang agar pengguna bisa mengetahui informasi umum mengenai hewan tersebut.



Gambar 15. Informasi mengenai Belalang

h. Tampilan Telur Kecoak

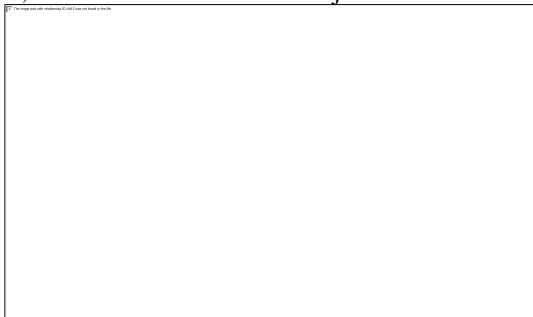
Pada Gambar 16 adalah tampilan proses metamorfosis kecoak, mulai dari telur kecoak menjadi nimfa kecoak.



Gambar 16. Tampilan Telur Kecoak

i. Tampilan Nimfa Kecoak

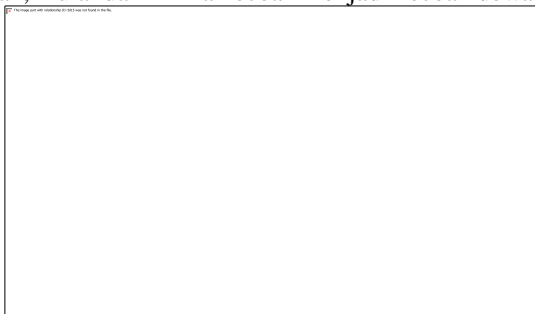
Pada Gambar 17 adalah tampilan proses metamorfosis kecoak, mulai dari telur kecoak menjadi nimfa kecoak.



Gambar 17. Tampilan Nimfa Kecoak

j. Tampilan Kecoak Dewasa

Pada Gambar 18 adalah tampilan proses metamorfosis kecoak, mulai dari nimfa kecoak menjadi kecoak dewasa.

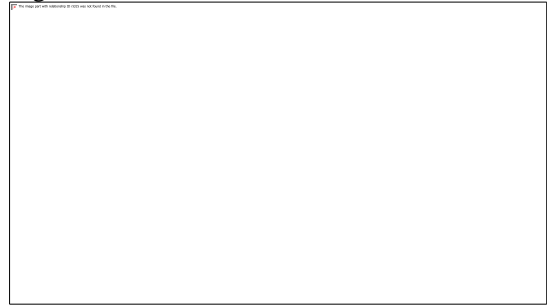


Gambar 18. Tampilan Kecoak Dewasa

k. Tampilan objek pada ruangan gelap

Pada Gambar 18 adalah tampilan dimana objek bisa ditampilkan di ruangan yang memiliki pencahayaan yang

kurang terang atau pada keadaan gelap kerana menggunakan teknologi *markerless*.



Gambar 19. Tampilan Kecoak Dewasa

l. Informasi mengenai Kecoak

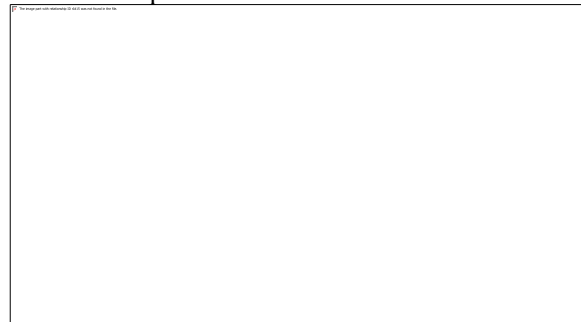
Pada Gambar 20 adalah tampilan mengenai informasi detail tentang hewan kecoak sehingga bisa membantu pengguna untuk mengetahui struktur tubuh, umur, dan ukuran tubuh kecoak.



Gambar 20. Informasi mengenai kecoak

m. Tampilan memilih Tombol

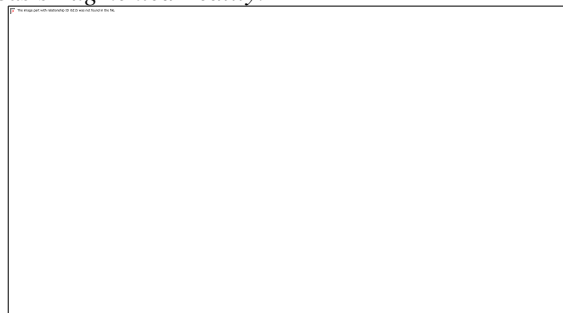
Pada Gambar 21 adalah tampilan mengenai beberapa tombol yang bisa dipilih untuk kembali ke Menu Utama, memilih keluar dari aplikasi atau membatalkan dan tetap melihat kembali proses metamorfosis.



Gambar 21. Tampilan Memilih Tombol

n. Tentang Aplikasi

Pada Gambar 22 adalah tampilan mengenai informasi dari pengembang Aplikasi Pengenalan Metamorfosis pada hewan berbasis *Augmented Reality*.



Gambar 21. Tentang Aplikasi

D. Beta development

Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian pada aplikasi, di mana terdapat tujuan pengujian dan kasus pengujian untuk melihat respons dari aplikasi.

1. Tujuan Pengujian

Dilakukan pengujian terhadap aplikasi AR supaya dapat mengetahui apakah semua fungsi pada aplikasi sudah berjalan dengan baik dan sesuai dengan analisis dan perancangan yang telah dilakukan. Selain itu, pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa tampilan objek 3D dapat menampilkan hewan belalang dan kecoak dengan baik atau tidak. Pengujian juga dilakukan untuk memastikan fungsi *augmented reality* dapat berjalan dengan baik saat menampilkan hewan dan untuk mengetahui respons dari aplikasi saat fungsi telah diimplementasikan.

2. Kasus Pengujian

Kasus pengujian dilakukan untuk melihat respons dari aplikasi dan melihat kesalahan dari beberapa fungsi. Berikut ini tabel kasus pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kasus Pengujian

No.	Kasus Pengujian
Hewan	
1.	Apakah aplikasi pengenalan metamorfosis pada hewan berbasis <i>augmented reality</i> ini dapat menampilkan objek hewan 3D (belalang dan kecoak)?
2.	Apakah aplikasi pengenalan metamorfosis pada hewan berbasis <i>augmented reality</i> ini dapat menampilkan telur hewan?
3.	Apakah aplikasi pengenalan metamorfosis pada hewan berbasis <i>augmented reality</i> ini dapat menampilkan nimfa hewan?
4.	Apakah aplikasi pengenalan metamorfosis pada hewan berbasis <i>augmented reality</i> ini dapat menampilkan hewan dewasa?
5.	Apakah aplikasi pengenalan metamorfosis pada hewan berbasis <i>augmented reality</i> ini dapat menampilkan informasi tentang hewan?
6.	Apakah aplikasi pengenalan metamorfosis pada hewan berbasis <i>augmented reality</i> ini dapat menampilkan informasi pada bagian tubuh hewan dewasa?
7.	Apakah animasi pada objek berjalan dengan baik?
Tombol dan Augmented Reality	
8.	Apakah tombol "mulai" pada menu utama akan menampilkan tampilan memilih hewan?
9.	Apakah tombol "tentang" pada menu utama akan menampilkan informasi pengembang aplikasi?
10.	Apakah tampilan "memilih hewan" dapat menampilkan pilihan hewan yang dapat dilihat proses metamorfosis hewan tersebut?
11.	Apakah objek hewan dapat diperbesar atau diperkecil?
12.	Apakah tombol navigasi untuk berpindah ke metamorfosis selanjutnya berfungsi dengan baik?
13.	Apakah tombol "memulai animasi" menampilkan animasi pada objek hewan?
14.	Apakah tombol "informasi" berfungsi dengan baik untuk menampilkan informasi dari hewan?
15.	Apakah aplikasi dapat menampilkan objek hewan menggunakan <i>augmented reality markerless based tracking</i> ?

No.	Kasus Pengujian
16.	Apakah aplikasi mampu mendeteksi bidang datar?
17.	Apakah aplikasi mampu mendeteksi bidang tidak datar?
18.	Apakah <i>augmented reality</i> berjalan dengan baik?

Berdasarkan hasil pengujian pada aplikasi yang telah dibangun dapat dijelaskan bahwa penerapan metode *augmented reality markerless based tracking* pada aplikasi ini berfungsi dengan baik. Aplikasi dapat menampilkan objek dan animasi, tombol yang dibuat semuanya berfungsi dengan baik.

Untuk pengujian terhadap pendeteksian objek, diperoleh bahwa jarak pandang objek yang direkomendasikan agar aplikasi AR berfungsi dengan baik, yaitu jarak dekat kira-kira 10-15 cm dan jarak jauh kira-kira 70 cm. Jika jarak terlalu dekat atau terlalu jauh maka objek tidak akan terlihat dengan baik. Sedangkan pengujian terhadap perangkat *smartphone* diperoleh bahwa spesifikasi minimal untuk menjalankan aplikasi ini yaitu, untuk versi Android 6.0 (*Marshmallow*). Spesifikasi versi Android 6.0 (*Marshmallow*), RAM 3GB, CPU Octa-core 1.4GHz dan resolusi layar *smartphone* untuk menghasilkan tampilan objek 3D dan *augmented reality* (AR) dengan baik, yaitu 1920 × 1080.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembuatan dan pengujian terhadap aplikasi *augmented reality* metamorfosis hewan yang sudah dibuat, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pengguna bisa melihat langsung proses metamorfosis tidak sempurna pada hewan belalang dan kecoak.
2. Penggunaan *Augmented Reality* pada aplikasi ini dapat membantu untuk mempelajari proses metamorfosis tidak sempurna melalui visualisasi objek 3D dan animasi.
3. Penerapan metode *markerless augmented reality* telah diterapkan dengan baik dan bisa digunakan tanpa harus membawa alat bantu (*marker*) untuk menggunakannya.
4. Semua fitur dan objek dari aplikasi ini berfungsi dengan baik.

Adapun saran-saran yang ada untuk pengembangan aplikasi ini adalah sebagai berikut :

1. Aplikasi dapat ditambahkan efek suara pada objek dan pada penjelasan mengenai objek tersebut.
2. Aplikasi bisa diimplementasi menggunakan *Virtual Reality* dan *Mixed Reality*.
3. Membuat aplikasi ini lebih stabil agar dapat *running* pada *smartphone* yang mempunyai spesifikasi lebih rendah.
4. Pembuatan aplikasi pada sistem operasi yang lain, contohnya iOS.
5. Aplikasi bisa ditambahkan fitur berupa interaksi dengan pengguna.
6. Hewan yang terdapat pada aplikasi ini ditambahkan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. Wiyanti, *SAINS Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta: Pusat Perbukuan, 2009.
- [2] S. Maad, *Augmented Reality*. Vukovar: Intech, 2010.

- [3] S. Aisa, dkk, "Visualisasi Metamorfosis Kupu-kupu Berbasis *Augmented Reality* (AR) Sebagai Media Pembelajaran Inovatif Ilmu Pengetahuan Alam," *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2017*, 2017.
- [4] A. K. Wahyudi, dkk, "Perangkat Visualisasi Metamorfosis Kupu-kupu," *Jurnal Ilmiah SISFOTENIKA*, vol. 8, pp. 69-80, 2018.
- [5] D. K. Lado, "*Media Pembelajaran Pengenalan Metamorfosis Sempurna*," *SASAK : DESAIN VISUAL DAN KOMUNIKASI*, vol. 2, pp. 51-56, 2019.
- [6] Aslizar, *Hafal Mahir Teori dan Rumus IPA SMA Kelas 7,8,9*. Grasindo.
- [7] Tim Sains Eduka, *New Edition Pocket Book IPA SMP Kelas VII, VIII, IX*. CMedia, 2015.
- [8] Ikhwan. S. D, *Ilmu Pengetahuan Alam 4 Untuk SD/MI Kelas IV*. Jakarta: CV Sindunata, 2009.
- [9] Grasindo, *Kuasai Materi IPA SD/MI Kelas IV,V,VI*. Jakarta: Grasindo, 2015.
- [10] Springer, *Handbook of Augmented Reality*. Florida: Florida Atlantic University, 2011.
- [11] J. Manning, dkk, *Mobile Game Development With Unity*. O'Reilly Media, 2017.
- [12] "VoidAR," 2019. [Online]. Available: https://www.voidar.net/sdk_E.php.
- [13] T. Vaughan, *Multimedia: Making It Work*, 8th ed. 2011.