Perancangan Aplikasi Proses Pembuahan Sel Telur dengan Virtual Reality 3D Berbasis Android

Dian Gustina[1], Yudi Irawan Chandra*[2], Rino Yulendri Setiawan[3]
[1, 3]Universitas Persada Indonesia UPI YAI
Jl. Pangeran Diponegoro No.74, Kenari, Senen, Jakarta Pusat 10430
[2]STMIK Jakarta STI&K
Jl. BRI No.17 Radio Dalam, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12140
[1]dian.gustina@upi-yai.ac.id, [2*]yirawanc@gmail.com, setiawan.rino98@gmail.com[3]

***Intisari*— Pengembangan teknologi kedokteran reproduksi terus maju, termasuk visualisasi pembuahan sel telur. Penelitian ini merancang aplikasi Android berbasis VR 3D untuk memvisualisasikan proses pembuahan sel telur secara realistis. Metode pengembangan yang digunakan adalah model agile, yang memungkinkan adaptasi terhadap perubahan dan umpan balik pengguna dengan efisien. Proses ini melibatkan siklus pengembangan berulang, meliputi perencanaan, analisis, desain, implementasi, dan pengujian, sehingga aplikasi berkembang iteratif dengan fokus pada peningkatan nilai pengguna. Aplikasi ini menggunakan VR 3D untuk menciptakan pengalaman visual immersif, memungkinkan pengguna melihat proses pembuahan sel telur dalam skala mikroskopis dengan detail interaksi sperma dan sel telur. Fitur tambahan seperti kontrol interaktif dan narasi audio memberikan pengalaman belajar yang menyeluruh dan menarik. Hasil pengujian awal menunjukkan potensi besar aplikasi ini dalam mendukung pendidikan dan pemahaman reproduksi manusia. Respons pengguna terhadap VR 3D sangat positif, menganggapnya sebagai alat yang berguna dan menarik. Pengembangan dan peningkatan fitur lebih lanjut dapat dilakukan berdasarkan umpan balik pengguna, sehingga aplikasi terus berkembang dan berkontribusi dalam kedokteran reproduksi.**
Kata kunci—Aplikasi, Pembuahan Sel Telur, Virtual Reality 3D, Android

***Abstract*— The development of reproductive medicine technology continues to advance, including the visualization of egg fertilization. This research designs a 3D VR-based Android application to realistically visualize the process of egg fertilization. The development method used is the agile model, which allows adaptation to changes and user feedback efficiently. The process involves iterative development cycles, covering planning, analysis, design, implementation, and testing, so that the app develops iteratively with a focus on increasing user value. The app uses 3D VR to create an immersive visual experience, allowing users to see the process of egg fertilization on a microscopic scale with details of sperm and egg interactions. Additional features such as interactive controls and audio narration provide a thorough and engaging learning experience. Initial testing results show the great potential of this application in supporting education and understanding of human reproduction. User response to 3D VR was very positive, finding it a useful and engaging tool. Further feature development and enhancement can be done based on user feedback, so that the app continues to grow and contribute to reproductive medicine.**
Keywords— App, Egg Fertilization, 3D Virtual Reality, Android

1. PENDAHULUAN

Manusia yang terlahir dari rahim seorang wanita merupakan gabungan atau pembuahan dari bertemunya sel telur yang dimiliki oleh wanita dengan sperma yang dimiliki oleh pria [1], [2]. Proses pembuahan yang terjadi didalam rahim hingga terbentuknya nyawa seorang manusia memiliki kurun waktu kurang lebih 36 minggu atau 9 bulan. Pembelajaran tentang sistem reproduksi mungkin sudah pernah dipelajari pada mata pelajaran Biologi pada tingkat SMA Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Proses pembelajaran hanya diberikan dalam bentuk gambaran secara manual 2D. Dalam dunia teknologi, Virtual Reality atau biasa disebut VR bukan lagi hal yang baru di dunia. Banyak teknologi-teknologi di zaman sekarang yang sudah menggunakan keunggulan dari VR, mulai dari kepentingan pribadi maupun kepentingan publik [3].

Dalam penelitian ini, penulis berupaya mengintegrasikan teknologi Virtual Reality (VR) 3D dengan proses fertilisasi sel telur yang berlangsung, dengan tujuan untuk menarik minat masyarakat luas dalam memahami proses fertilisasi sel telur di dalam rahim [4]. Masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah bagaimana cara memahami proses pembuahan sel telur melalui visualisasi 3D dengan menggunakan Virtual Reality (VR) serta menjelaskan komponen-komponen yang terlibat selama proses pembuahan. Untuk menjaga agar penelitian ini tetap fokus dan tidak meluas dari isu yang ada, rumusan masalah yang akan dibahas adalah:

1 Apa langkah-langkah untuk membuat aplikasi yang dapat secara tepat dan menarik mensimulasikan proses fertilisasi sel telur dengan memanfaatkan teknologi Virtual Reality 3D?
2 Bagaimana menyesuaikan pengembangan aplikasi dengan pendekatan model agile agar memungkinkan fleksibilitas, responsif terhadap perubahan, dan pengembangan iteratif?
3 Bagaimana memperhitungkan aspek etis dan keamanan dalam penggunaan aplikasi yang menggambarkan proses biologis sensitif seperti pembuahan sel telur?
4 Bagaimana memperhitungkan faktor-faktor desain interaktif yang mendukung pembelajaran dan

pemahaman yang efektif dalam konteks pembuatan aplikasi ini?

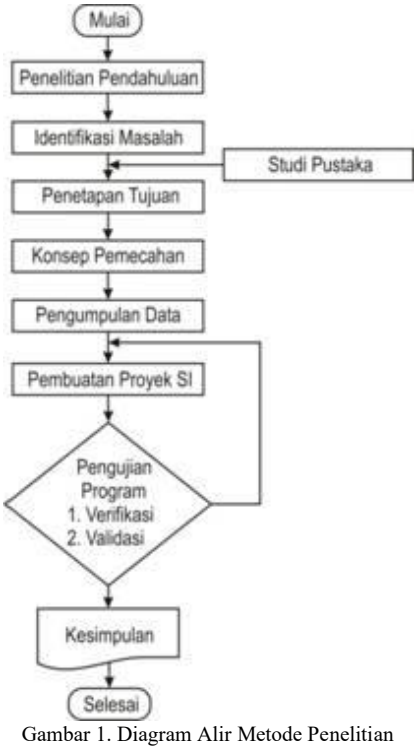
5 Bagaimana mengintegrasikan umpan balik pengguna dan penyesuaian berkelanjutan ke dalam siklus pengembangan aplikasi menggunakan pendekatan agile untuk meningkatkan kualitas dan kegunaannya dari waktu ke waktu?

6 Bagaimana mengevaluasi potensi dampak positif aplikasi ini dalam konteks pendidikan, pemahaman biologi, dan pengembangan teknologi pendukung pembelajaran berbasis teknologi?

Tujuan rancang bangun aplikasi ini adalah sebagai media untuk pengetahuan umum bagimana proses pembuahan sel telur terjadi dengan tampilan 3D, dengan harapan dapat lebih memudahkan dan memahami dasar proses pembuahan [5]. Manfaat rancang bangun aplikasi ini adalah dapat digunakan oleh bidan atau rumah sakit bersalin untuk menyalurkan pengetahuan seputar proses pembuahan sel telur yang terjadi kepada pasien ibu hamil dengan tampilan Virtual Reality 3D dan sebagai pengetahuan dasar didalam pendidikan khususnya untuk mata pelajaran Biologi pada Sistem Reproduksi di tingkat SMA

II. LATAR BELAKANG

Pada Gambar 1, ditampilkan diagram alir yang mengilustrasikan langkah-langkah yang terlibat dalam proses penelitian untuk pengembangan aplikasi ini [6]:



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode, yaitu:

1. Wawancara Proses tanya jawab yang berfokus pada masalah atau aspek teknis.
2. Observasi Melaksanakan pengamatan secara langsung terhadap objek yang diteliti.
3. Studi Pustaka Mempelajari literatur yang relevan dengan topik yang dibahas

.

Agile Model merupakan metode dalam proses pembuatan perangkat lunak yang dirancang untuk memperbaiki kemampuan adaptasi, kerjasama, dan reaksi tim pengembang terhadap perubahan yang dapat muncul selama tahap pengembangan, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2 [7], [8]. Metode ini menekankan pada penyediaan nilai kepada konsumen melalui perangkat lunak yang lebih cepat, lebih sering, dan lebih fleksibel dibandingkan dengan metode tradisional yang lebih terorganisir. Di antara berbagai kerangka kerja yang dikenal dalam model Agile, terdapat Scrum, Kanban, Extreme Programming (XP), dan lain-lain [9].

Gambar 2. Model Agile

Pendekatan Agile mencakup serangkaian tahapan yang diulang secara terus-menerus dalam proses pengembangan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berikut adalah langkah-langkah umum yang termasuk dalam metode Agile:

1. Perencanaan: Tim pengembangan berkolaborasi dengan pemilik produk untuk menjabarkan kebutuhan serta tujuan proyek. Mereka merencanakan sprint pertama dengan menentukan fitur-fitur yang akan dikembangkan.
2. Analisis Kebutuhan: Tim bersama pemilik produk melakukan eksplorasi lebih dalam terhadap kebutuhan pengguna dan menetapkan prioritas fitur yang akan dikembangkan dalam iterasi ini.
3. Perancangan: Tim mendesain struktur serta arsitektur aplikasi dan merencanakan implementasi fitur-fitur yang telah dipilih. Desain ini harus fleksibel dan dapat diubah seiring waktu.
4. Implementasi: Pengembang mulai menerapkan fitur-fitur yang telah dirancang pada iterasi sebelumnya. Mereka bekerja sama dan berbagi tanggung jawab di dalam tim.
5. Pengujian: Pengujian berlangsung terus menerus selama dan setelah implementasi. Tes unit, integrasi, dan pengguna dilakukan untuk memastikan fitur yang dikembangkan berfungsi dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

6. Ulasan dan Umpan Balik: Tim secara rutin melakukan ulasan dan mendapatkan masukan dari pemilik produk serta pengguna. Masukan ini menjadi dasar untuk perbaikan dan perubahan dalam pengembangan selanjutnya.
7. Penyelesaian Masalah dan Perubahan: Jika terdapat isu atau perubahan yang muncul selama iterasi, tim merespons dengan cepat dan melakukan penyesuaian yang diperlukan.
8. Pengiriman dan Evaluasi: Setelah fitur diimplementasikan, produk dapat diserahkan kepada pengguna untuk diuji dan dievaluasi. Pengguna memberikan umpan balik tambahan yang akan membantu merumuskan fitur selanjutnya.
9. Retrospektif: Setelah menyelesaikan satu iterasi, tim mengadakan retrospektif untuk menilai proses pengembangan dan mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki. Ini membantu tim dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi kerjanya.
10. Pengulangan Iterasi: Proses di atas diulang di setiap iterasi, yang umumnya berlangsung antara 2 hingga 4 minggu tergantung pada metodologi yang diterapkan (seperti Scrum, Kanban, atau Extreme Programming).
11. Pembuatan Produk Akhir: Setelah melalui beberapa iterasi, produk akhir yang komprehensif akan terbentuk dengan fitur-fitur dari iterasi sebelumnya.
12. Pengiriman dan Pemeliharaan: Produk akhir diserahkan kepada pelanggan. Tim dapat terus memelihara produk dengan menyelesaikan masalah, menambahkan fitur baru berdasarkan umpan balik, dan memastikan produk tetap relevan seiring berjalannya waktu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Kebutuhan Fungsional

Sistem ini dirancang untuk menunjukkan berbagai fungsi yang dapat dilakukan. Pengguna akan melihat objek 3D yang dapat diputar hingga 360 derajat. Proses pembuahan pada sel telur akan disajikan secara bertahap, di mana setiap tahap dilengkapi dengan elemen-elemen yang memudahkan dan menarik perhatian pengguna, seperti objek animasi, interaksi klik pada objek, tombol navigasi, deskripsi yang ditampilkan, audio latar, serta tombol untuk melanjutkan atau kembali ke tahap sebelumnya.

3.2 Analisa Kebutuhan Non-Fungsional

Kebutuhan akan alat yang diperlukan untuk mendukung perancangan dan pembangunan sistem yang baru sangat penting. Spesifikasi non-fungsional mencakup elemen atau komponen yang diperlukan dari tahap pembangunan sistem hingga tahap implementasi. Berikut adalah Kebutuhan Non-Fungsional yang akan digunakan:

1. Evaluasi Perangkat Lunak:

Perangkat lunak, atau yang sering disebut software, merupakan kumpulan data digital yang disimpan dan dikelola oleh komputer. Data digital ini mencakup instruksi atau program yang akan melaksanakan perintah tertentu. Perangkat lunak dianggap sebagai komponen dari sistem komputer yang tidak memiliki bentuk fisik, tetapi diinstal pada komputer atau laptop agar dapat digunakan. Berikut adalah perangkat lunak yang diperlukan untuk merancang dan membangun sistem proses pembuahan sel telur:

a. Unity 3D Game Engine 2018.4.25f1
b. Unity Hub
c. Visual Studio 2019
d. Java Development Kit 8.0
e. System Development Kit

2. Analisa Perangkat Keras :

Hardware atau perangkat keras adalah komponen penting yang diperlukan dalam merancang dan mengoperasikan sistem. Tanpa dukungan software, perangkat keras tidak akan berfungsi dengan optimal. Keterhubungan antara kedua komponen ini sangat penting untuk kelancaran suatu sistem yang dirancang. Untuk pengembangan sistem proses pembuahan sel telur, perangkat keras yang diperlukan adalah sebagai berikut:

a. Laptop Asus VivoBook Max X441U dengan spesifikasi :
- Intel CoreTM i3-6006U CPU@ 2.00GHz 1.99GHz
- NVIDIA GeForce
- RAM 4GB, HDD 1TB
- OS Windows 10 64-bit

b. Smartphone Realme C3 dengan spesifikasi :
- Operating System Android 10
- Helio G70 Processor
- RAM 3GB
- Display 6.5” FullScreen

c. Perangkat tambahan yang digunakan dalam pengujian adalah VR Box Google Cardboard.

3.3 Analisa Pengguna (User) :

Aplikasi ini ditujukan untuk pria dan wanita yang berusia lebih dari 16 tahun. Sekolah Menengah Atas (SMA) juga dapat memanfaatkan aplikasi ini sebagai sumber informasi mengenai pembuahan sel telur, terutama dalam konteks pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) untuk mata pelajaran Biologi mengenai Sistem Reproduksi. Materi ini diajarkan di kelas XI.

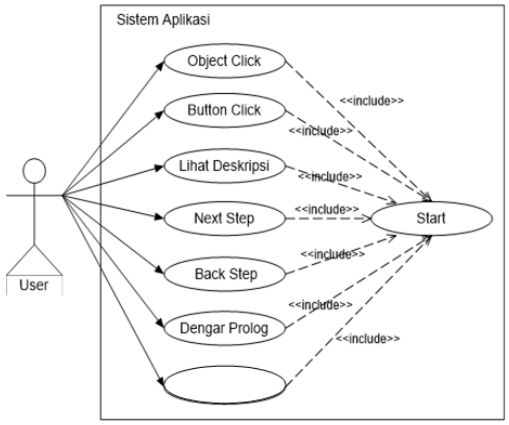
3.4 Perancangan Sistem

Desain sistem adalah proses yang mencakup pembuatan rencana dan sketsa untuk tahap awal pengembangan suatu sistem. Selain itu, desain juga merupakan langkah pengembangan yang dilakukan setelah analisis. Pada Sistem Aplikasi Proses Pembuahan Sel Telur, bentuk-bentuk desain mencakup Use Case Diagram, Activity Diagram, Sequence Diagram, dan Class Diagram.

1. Use Case Diagram

Diagram Use Case merupakan representasi pemodelan perilaku sistem informasi yang akan

dikembangkan. Diagram ini menggambarkan interaksi secara rinci antara satu atau lebih aktor dan sistem informasi yang dirancang. Namun, Diagram Use Case hanya memberikan ringkasan mengenai hubungan antara use case, aktor, dan sistem.

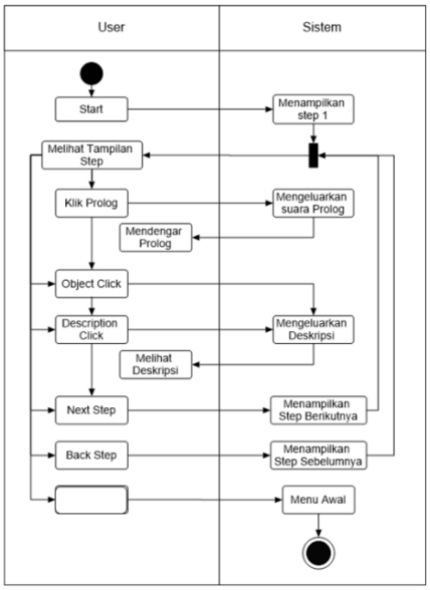


Gambar 3. Use Case Diagram

Gambar 3 menunjukkan Diagram Use Case yang menggambarkan interaksi pengguna, di mana mereka dapat memilih objek, menekan tombol, melihat deskripsi yang muncul ketika objek atau tombol tersebut diklik, melanjutkan ke langkah berikutnya, serta kembali ke langkah sebelumnya. Setiap langkah juga dilengkapi dengan prolog yang dapat didengar, serta fitur mulai.

2. Activity Diagram

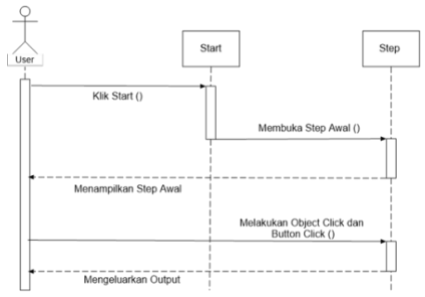
Activity Diagram berfungsi untuk memodelkan alur kerja dan urutan kegiatan dalam suatu proses. Diagram ini memiliki kesamaan dengan flowchart, karena menggambarkan alur kerja dari satu aktivitas ke aktivitas lainnya atau dari aktivitas ke status tertentu. Dalam konteks Unified Modeling Language (UML), diagram aktivitas digunakan untuk menjelaskan kegiatan dalam sistem. Diagram ini juga memberikan gambaran umum tentang alur kontrol. Sebagai contoh, Gambar 4 menunjukkan bahwa pengguna harus memulai dengan langkah Start, kemudian sistem akan menampilkan langkah awal dalam proses pembuahan Sel Telur. Setiap langkah memiliki beberapa tindakan yang bisa dilakukan, seperti mengklik prolog, yang akan menghasilkan suara/audio prolog; mengklik objek dan tombol deskripsi, yang akan memunculkan kotak dialog dengan deskripsi atau penjelasan; tombol next step untuk melanjutkan ke langkah berikutnya, tombol back step untuk kembali ke langkah sebelumnya, dan tombol home untuk kembali ke menu utama.



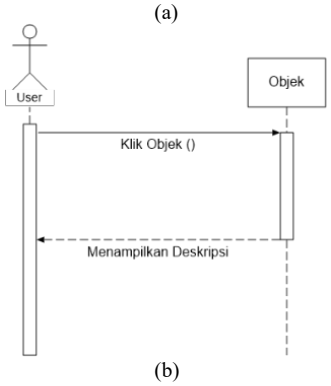
Gambar 4. Activity Diagram

3. Sequence Diagram

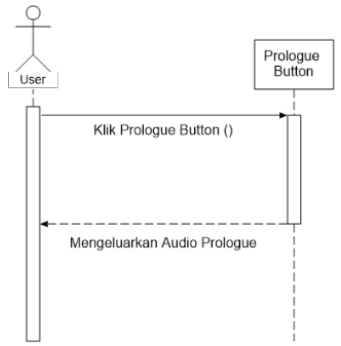
Sequence Diagram menunjukkan bagaimana objek berinteraksi di dalam sistem, termasuk pengguna dan tampilan, melalui pesan yang disusun sesuai dengan waktu. Diagram ini sering digunakan untuk merepresentasikan skenario atau serangkaian langkah yang diambil sebagai respons terhadap suatu peristiwa untuk menghasilkan output tertentu. Gambar 5 menyajikan diagram urutan aplikasi yang mencakup (a) Diagram Urutan Mulai, (b) Diagram Urutan Objek, (c) Diagram Urutan Tombol Prolog, (d) Diagram Urutan Tombol Deskripsi, (e) Diagram Urutan Langkah Berikutnya, (f) Diagram Urutan Langkah Kembali, dan (g) Diagram Urutan Beranda.



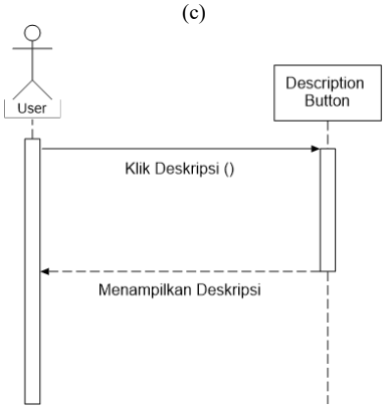
(a)



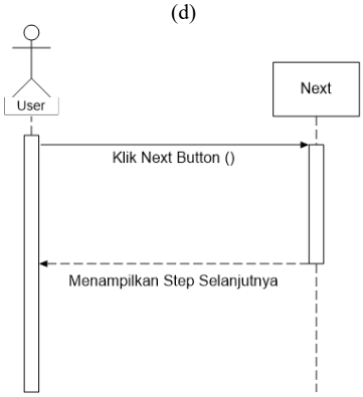
(b)



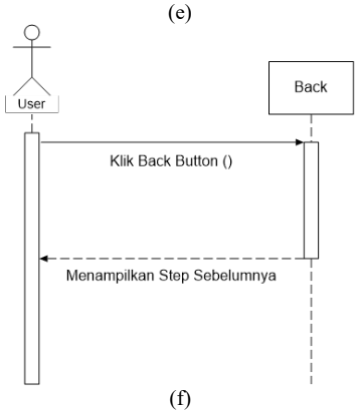
(c)



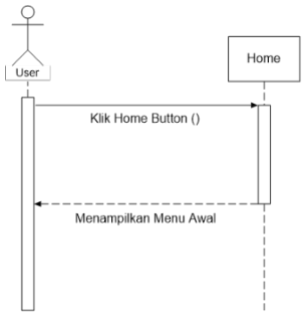
(d)



(e)



(f)

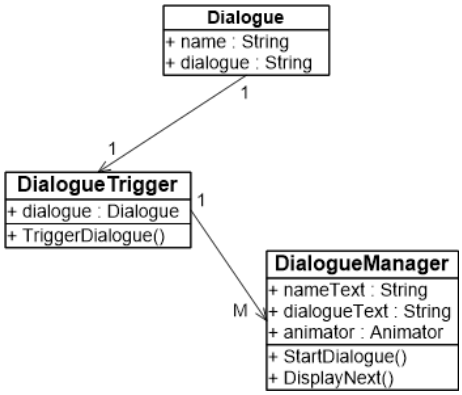


(g)

Gambar 5. Sequence Diagram Aplikasi

4. Class Diagram

Class Diagram merupakan representasi yang menunjukkan struktur dan penjelasan mengenai kelas, paket, serta objek, termasuk hubungan di antara mereka seperti penggabungan, pewarisan, asosiasi, dan sebagainya. Diagram ini juga menggambarkan interaksi antar kelas dalam suatu sistem yang sedang dikembangkan dan cara mereka bekerja sama untuk mencapai tujuan tertentu Gambar 6 menjelaskan bahwa *Dialogue Manager Class* kebergantungan pada *Dialogue Trigger Class* dan *Dialogue Trigger Class* kebergantungan pada *Dialogue Class.*



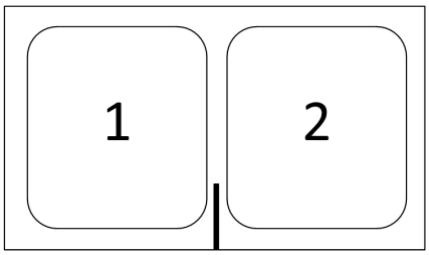
Gambar 6. Class Diagram

3.5 Perancangan User Interface

Desain antarmuka (interface) adalah elemen krusial dalam pengembangan aplikasi, karena berkaitan dengan cara pengguna melihat dan berinteraksi dengan aplikasi. Desain yang baik akan mempermudah proses implementasi serta menciptakan aplikasi yang ramah pengguna. Berikut adalah desain antarmuka untuk aplikasi ini:

1. User Interface Cardboard Main Camera

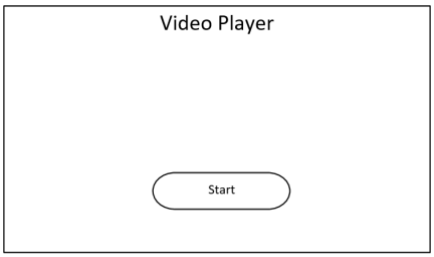
Gambar 7 merupakan desain dari user interface cardboard main camera yang terdiri dari cardboard main left camera dan cardboard main right camera.



Gambar 7. Desain User Interface Main Camera

2. User Interface Home

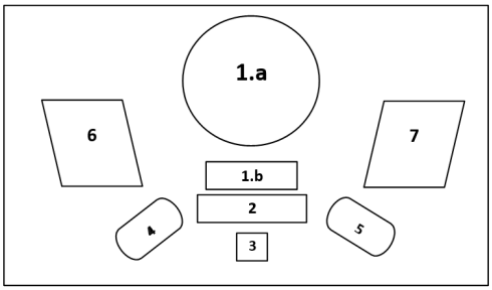
Gambar 8 merupakan. tampilan Home yang akan memainkan sebuah Video Player. Pada halaman ini hanya ada Start Button untuk memulai Step.



Gambar 8. Desain User Interface Home

3. User Interface Step

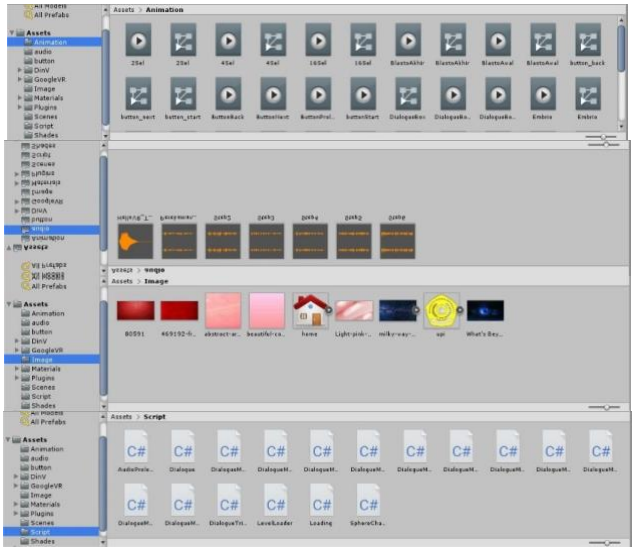
Gambar 9 merupakan. tampilan User Interface Step dari aplikasi yang terdiri dari :
(1.a) Object
(1.b) Description Button
(2) Prologue Button
(3) Home
(4) Back Step Button
(5) Next Step Button
(6) Left Description Box
(7) Right Description Box



Gambar 9. Desain User Interface Step

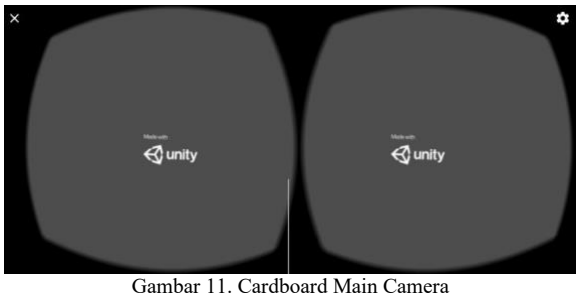
3.6 Implementasi

Desain objek tiga dimensi serta antarmuka dilakukan menggunakan perangkat lunak pemodelan Unity 3D. Dalam aplikasi ini, skrip disimpan dalam format *.cs, animasi dalam format *.anim, audio dalam format *.mp3, dan gambar dalam format *.png dan *.jpg, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 10.


Gambar 10. Animation, Audio, Image dan Script Folder

1. User Interface

Tampilan Virtual Reality Google cardboard dengan 2 tampilan yaitu Cardboard Main Left Camera dan Cardboard Main Right Camera, terlihat pada gambar 11.


Gambar 11. Cardboard Main Camera

2. SplashScreen

Tampilan SplashScreen sebelum masuk kedalam Home. Durasi Load Screen pada tampilan ini sekitar 3 – 4 second, terlihat pada gambar 12.

Gambar 12. SplashScreen

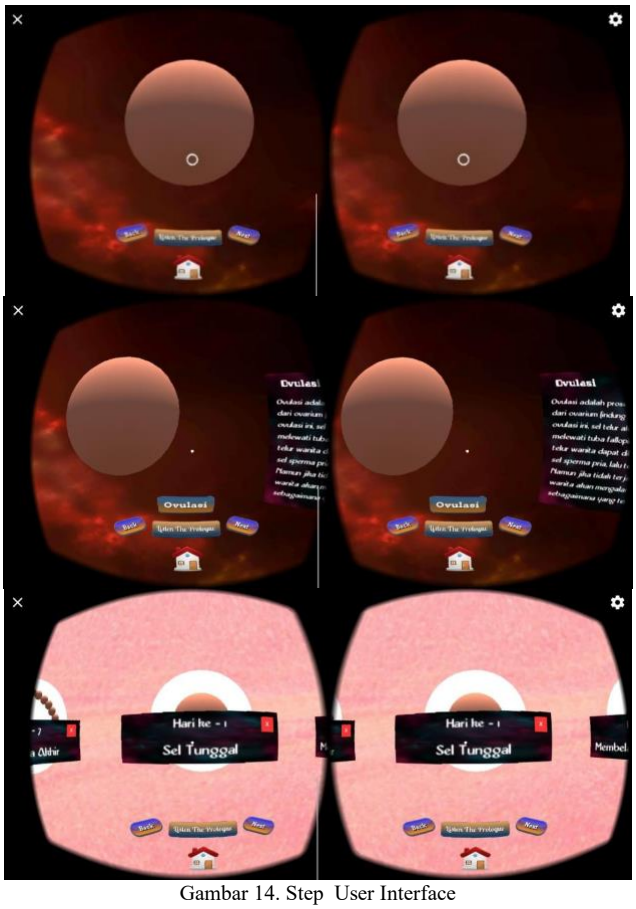
3. Home User Interface

Tampilan utama pada aplikasi dimana tombol start untuk mulai memasuki step awal proses pembuahan sel telur, terlihat pada gambar 13.

Gambar 13. Home User Interface

4. Step User Interface

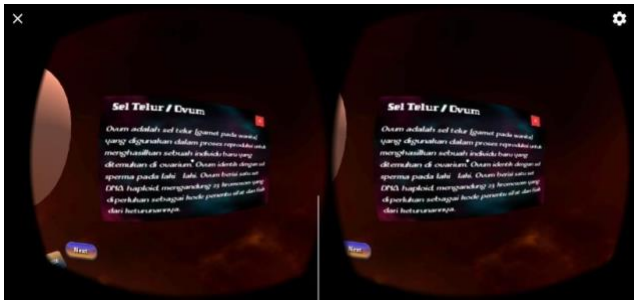
Tampilan dari step 1 proses pembuahan sel telur, berisikan objek dan beberapa button yang menggunakan Event Trigger Component, terlihat pada gambar 14.



Gambar 14. Step User Interface

5. Dialogue Box / Description

Tampilan Dialogue Box atau Deskripsi yang berisikan informasi dari objek atau tombol deskripsi yang di trigger, terlihat pada gambar 15.



Gambar 15. Dialogue Box / Description

3.7 Hasil Pengujian

Pengujian sistem adalah langkah untuk menjalankan perangkat lunak guna menilai kesesuaian dengan spesifikasi yang telah ditentukan serta kemampuannya beroperasi dalam kondisi yang diharapkan. Proses ini seringkali dikaitkan dengan identifikasi kesalahan, cacat dalam program, dan bug yang dapat menyebabkan kegagalan saat sistem dijalankan. Pengujian dilakukan dengan memeriksa setiap langkah dan kemungkinan kesalahan yang muncul dalam setiap tahapan. Hasil dari pengujian sistem mencakup Basic Path, yang mengukur tingkat kompleksitas kode dan mendefinisikan alur eksekusi. Sementara itu, Cyclomatic Complexity adalah metode pengukuran yang memberikan ukuran kuantitatif terhadap kompleksitas logika dalam suatu program.

Persamaan : V(G) = E – N + 2 (1)

Keterangan :

V(G) = Cyclomatic Complexity

E = Jumlah Edge (Panah)

N = Jumlah Node (Lingkaran)

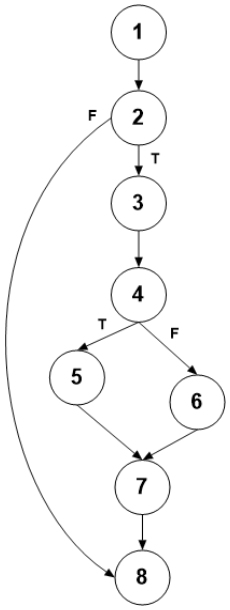
Berikut adalah pengujian white box yang dilakukan dari beberapa fungsi aplikasi dalam bentuk pseudo code menjadi flowgraph, dan juga untuk menentukan cyclomatic complexity dan jalur independen secara linier [10].

1. Uji Start, Home, Next and Back Button

Uji Start, Home, Next and Back Button terlihat pada gambar 16 berikut:

```
1 : public void ChangeSphere(Transform nextSphere)
2 :     StartCoroutine(FadeCamera(nextSphere));

3 : IEnumerator FadeCamera(Transform nextSphere)
4 :     if (m_Fader != null)
5 :         Camera.main.transform.parent.position = nextSphere.position;
      else
6 :         Debug.LogWarning("No Fader object found on camera.");
7 :     endif
8 : end
```



Gambar 16. Flowgraph NextSphare

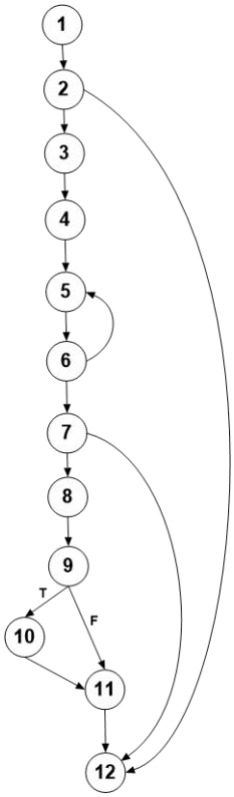
Cyclomatic Complexity : V(G) = 9 – 8 + 2 = 3
Basic Path :
Path 1 = 1 – 2 – 8
Path 2 = 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 7 – 8
Path 3 = 1 – 2 – 3 – 4 – 6 – 7 – 8

2. Uji Object and Button Click Dialogue Box
Uji Object and Button Click Dialogue Box terlihat pada gambar 17 berikut:

```
1 :  public void TriggerDialogue ()
2 :      FindObjectOfType<DialogueManager>().StartDialogue(dialogue);

3 :  public void StartDialogue (Dialogue dialogue)
4 :     nameText.text = dialogue.name;
5 :     foreach (string sentence in dialogue.sentences)
6 :         sentences.Enqueue(sentence);
7 :     endforeach
8 :     DisplayNextSentence();

8 :  public void DisplayNextSentence ()
9 :     if (sentences.Count == 0)
10 :        EndDialogue();
           return;
11 :    endif
12 : end
```

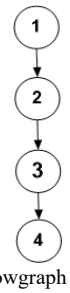


Gambar 17. Flowgraph Dialogue Box

Cyclomatic Complexity : V(G) = 15 – 12 + 2 = 5
Basic Path :
Path 1 = 1 – 2 – 12
Path 2 = 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 5
Path 3 = 1 – 2 – 3 – 4 –5–6–7–8–9 – 11 –12
Path 4 = 1 – 2 – 3 – 4 –5–6–7–8–9–10 –11– 12
Path 5 = 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 12

3. Uji Button Prologue
Uji Object and Button Click Dialogue Box terlihat pada gambar 18 berikut:

```
1 : public AudioSource prologueStep
2 : public void PrologueStep()
3 :     prologueStep.Play();
4 : end
```



Gambar 18. Flowgraph Audio Prologue

Cyclomatic Complexity : V(G) = 3 – 4 + 2 = 1
Basic Path :
Path 1 = 1 – 2 – 3 – 4

Pengujian black box adalah metode evaluasi yang hanya fokus pada hasil dari eksekusi menggunakan data uji, serta memeriksa fungsionalitas perangkat lunak. Metode ini dapat diibaratkan seperti melihat sebuah kotak hitam; kita hanya bisa mengamati bagian luar tanpa mengetahui isi di dalamnya. Begitu pula dengan pengujian ini, yang hanya menilai dari tampilan antarmuka dan fungsionalitas, tanpa memahami rincian proses di baliknya, hanya mengandalkan informasi tentang input dan output. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Coba Black Box

No.	Input / Event	Output	Keterangan
1	Button Start Click	Berpindah dan menampilkan Step 1	Berhasil
2	Next Step & Back Step Button Click	Berpindah dan menampilkan step yang berbeda	Berhasil
3	Object Click & Description Button Click	Menampilkan *Dialogue Box* yang berisikan deskripsi atau informasi	Berhasil
4	Prologue Butto Click	Mengeluarkan suara audio prolog disetiap masing-masing step	Berhasil
5	Home Button Click	Berpindah dan menampilkan tampilan awal (*home)*	Berhasil

IV. KESIMPULAN

Rancangan aplikasi untuk mempelajari proses pembuahan sel telur melalui Virtual Reality 3D berbasis Android dengan menggunakan model agile menunjukkan bahwa aplikasi ini memberikan metode baru untuk memahami proses tersebut dengan memanfaatkan teknologi VR 3D. Pengguna dapat menikmati pengalaman belajar yang interaktif dan menarik. Penerapan model agile memberikan pengembang kemampuan untuk menyesuaikan fitur dan fungsi aplikasi selama fase pengembangan. Ini memungkinkan perubahan yang cepat sesuai dengan umpan balik pengguna dan kebutuhan yang berubah. Melalui pendekatan iteratif, pengembang dapat secara berkala melakukan penyesuaian dan perbaikan berdasarkan umpan balik pengguna. Dengan cara ini, aplikasi dapat terus diperbarui dan disempurnakan. Model agile juga mendorong kerja sama yang erat antara tim pengembang dan pemangku kepentingan, termasuk ahli biologi dan pendidik, yang memperlancar komunikasi dan memastikan standar kualitas aplikasi tercapai. Dengan penekanan pada pengujian berulang dan umpan balik pengguna, aplikasi ini bertujuan untuk memberikan pengalaman yang mendidik dan memuaskan. Ini krusial untuk memastikan bahwa tujuan pembelajaran dapat dicapai dengan efektif. Secara keseluruhan, penggunaan model agile dalam pengembangan aplikasi ini menciptakan produk yang responsif, inovatif, dan berfokus pada pengguna, memungkinkan mereka untuk belajar tentang proses penting dalam biologi sel telur dengan cara yang menarik dan interaktif.

Saran untuk meningkatkan kinerja dan daya tarik aplikasi ini adalah dengan memperluas aksesibilitasnya, saat ini aplikasi ini hanya tersedia di platform Android. Keterbatasan ini bisa menjadi titik awal untuk pengembangan lebih lanjut agar dapat diakses di berbagai platform. Selain itu, aplikasi masih menghadapi isu terkait kinerja, sehingga diharapkan aplikasi VR untuk pembuahan sel telur dapat menjadi lebih stabil dan nyaman saat digunakan. Pembaruan pada objek-objek dalam aplikasi perlu dilakukan untuk meningkatkan performanya, menjadikannya lebih menarik bagi pengguna. Juga penting untuk menambah fitur yang belum ada agar pengguna dapat lebih mudah berinteraksi dengan aplikasi. Di masa depan, diharapkan aplikasi ini dapat berkembang hingga mencakup tahap perkembangan janin selama sembilan bulan dalam rahim, serta memperbarui animasi pada setiap komponennya.

REFERENSI

[1] A. Nauman, Y. A. Qadri, M. Amjad, Y. B. Zikria, M. K. Afzal, and S. W. Kim, “Multimedia Internet of Things: A Comprehensive Survey,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 8202–8250, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2964280.

[2] M. Yeviliona, “Pemanfaatan Media Animasi untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Konsep Pembelahan Sel Siswa Kelas XII IPA SMA Negeri 1 Bunut,” *Temat. J. Penelit. Pendidik. Dasar*, vol. 2, no. 2, Art. no. 2, Sep. 2023, doi: 10.57251/tem.v2i2.1244.

[3] Y. I. Chandra, I. Irfan, K. Kosdiana, and M. Riastuti, “Penerapan Metode Prototype Dalam Merancang Purwarupa Pengaman Pintu Kandang Ternak Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 328P,” *Innov. Res. Inform. Innov.*, vol. 4, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2022, doi: 10.37058/innovatics.v4i1.4888.

[4] S. G. Fussell and D. Truong, “Using virtual reality for dynamic learning: an extended technology acceptance model,” *Virtual Real.*, vol. 26, no. 1, pp. 249–267, Mar. 2022, doi: 10.1007/s10055-021-00554-x.

[5] L. Li *et al.*, “Application of virtual reality technology in clinical medicine,” *Am. J. Transl. Res.*, vol. 9, no. 9, pp. 3867–3880, Sep. 2017.

[6] Y. I. Chandra, D. Gustina, and S. Sutarno, “Perancangan Sistem E-Commerce F&B di Fresh Time Jakarta Menggunakan Model V Berbasis Web Mobile,” *J. Esensi Infokom J. Esensi Sist. Inf. Dan Sist. Komput.*, vol. 6, no. 2, Art. no. 2, Oct. 2022, doi: 10.55886/infokom.v6i2.499.

[7] P. Abrahamsson, N. Oza, and M. T. Siponen, “Agile Software Development Methods: A Comparative Review1,” in *Agile Software Development: Current Research and Future Directions*, T. Dingsøyr, T. Dybå, and N. B. Moe, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer, 2010, pp. 31–59. doi: 10.1007/978-3-642-12575-1_3.

[8] S. H. Nova, A. P. Widodo, and B. Warsito, “Analisis Metode Agile pada Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Website: Systematic Literature Review,”

Techno.Com, vol. 21, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2022, doi: 10.33633/tc.v21i1.5659.

[9] A. A. Arsyad, M. Mashud, and A. Sumardin, "Implementasi Metode Agile Scrum Pada Sistem Informasi Akuntasi CV Tritama Inti Persada," *J. Ilm. Sist. Inf. Akunt.*, vol. 2, no. 2, Art. no. 2, Nov. 2022, doi: 10.33365/jimasia.v2i2.2241.

[10] A. Andriyadi, Zulkarnaini, R. R. N. Fikri, and E. F. Saputri, "Evaluasi Sistem Informasi Perpustakaan Institut Informatika Darmajaya Dengan Whitebox Testing," *J. Innov. Res. Knowl.*, vol. 1, no. 8, Art. no. 8, Jan. 2022, doi: 10.53625/jirk.v1i8.1132.