

Implementasi Modul Pembelajaran Berbasis Virtual Reality untuk Pendidikan Kedokteran

Ilham Achmad Al Hafidz¹, Sritrusta Sukaridhoto^{2*}, Muhammad Udin Harun Al Rasyid³, Rizqi Putri Nourma Budiarti⁴, Rachma Rizqina Mardhotillah⁵, Rizki Amalia⁶, Evianita Dewi Fajrianti⁷, Naufal Adi Satrio⁸, Amma Liesvarastranta Haz⁹

¹ilhamachmada@gmail.com, ²dhoto@pens.ac.id, ³udinharun@pens.ac.id,

⁴rizqi.putri.nb@unusa.ac.id, ⁵rachma.rizqina@unusa.ac.id, ⁶amalia24@unusa.ac.id,

⁷evianita08@gmail.com, ⁸naufaladisatrio001@gmail.com, ⁹livesvarastranta@gmail.com

^{1,2,3,7,8}Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

^{4,5,6}Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya

⁹Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Informasi Artikel

Diterima : 23 Jul 2022

Direview : 7 Aug 2022

Disetujui : 30 Aug 2022

Kata Kunci

Virtual Reality, Simulasi imersif, Pendidikan Medis, COVID-19

Abstrak

Pandemi *Corona-Virus Disease 2019* (COVID-19) telah berdampak pada seluruh lapisan masyarakat dan memberikan dampak yang mengganggu pada semua aspek kehidupan, termasuk pendidikan. Di sisi lain, krisis saat ini menghidupkan kembali kebutuhan akan kesempatan belajar daring dan program pendidikan virtual. Sebagian besar sekolah kedokteran menanggapi situasi ini dengan beralih ke pembelajaran daring atau berbasis video. Dalam menghadapi pandemi, mempertahankan standar dalam pendidikan kedokteran, menjaga pembelajaran klinis pada jalurnya, dan meminimalkan gangguan penilaian adalah tugas yang sulit untuk diselesaikan. Lingkungan baru ini membutuhkan adaptasi untuk lebih mempersiapkan dokter masa depan untuk peran mereka. Penelitian ini akan menerapkan platform pembelajaran medis yang imersif dengan mengintegrasikan pengalaman imersif yang nyata dari Virtual Reality (VR) ke dalam pendidikan kedokteran. Penggunaan VR dalam penelitian ini telah memberikan kepuasan kepada pengguna melalui analisis *PIECES framework* dengan mendapat skor antara 3,9 - 4,2 dari pengukuran kepuasan pengguna yang berarti bahwa pengguna puas dengan penawaran dan layanan platform ini.

Keywords

Virtual Reality, Immersive Simulation, Medical Education, COVID-19

Abstrak

*The Corona-Virus Disease 2019 (COVID-19) pandemic has impacted all levels of society and has disrupted all aspects of life, including education. On the other hand, the current crisis is rekindling the need for online learning opportunities and virtual education programs. Most medical schools have responded to this by turning to online or video-based learning. In the face of a pandemic, maintaining standards in medical education, keeping clinical knowledge on track, and minimizing assessment disruptions are complex tasks to complete. This new environment requires adaptation to prepare future doctors for their roles better. This research will implement an immersive medical learning platform by integrating the real immersive experience of Virtual Reality (VR) into medical education. The use of VR in this study has given satisfaction to users through the *PIECES framework* analysis by getting a score between 3.9 - 4.2 from the measurement of user satisfaction which means that users are satisfied with the offerings and services of this platform.*

A. Pendahuluan

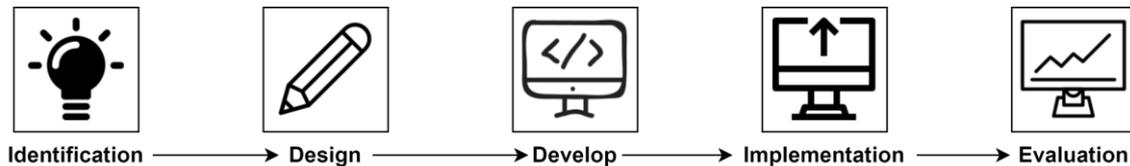
Saat ini, pandemi yang sedang berlangsung memiliki efek yang luar biasa pada pendidikan kedokteran atau bidang medis lainnya yang relevan [1]. Hal ini menjadi tantangan baru bagi lembaga pendidikan khususnya pendidikan kedokteran untuk beradaptasi dengan situasi tersebut karena kegiatan belajar mengajar tidak dapat dilakukan secara luring tetapi harus dilakukan secara daring untuk meminimalisir penyebaran virus COVID-19. Kondisi ini menyebabkan pelaksanaan transfer ilmu tidak berjalan dengan efektif, mengingat pelaksanaan kegiatan praktikum di pendidikan kedokteran sebagian besar memerlukan praktik langsung dengan menggunakan alat fisik atau alat peraga [9]. Memang hal ini berdampak signifikan pada mahasiswa kedokteran untuk melatih keterampilan medis mereka. Sehingga tenaga pendidik kesehatan dituntut untuk dapat beradaptasi dengan situasi saat ini yang dimana belum tersedianya modul kesehatan untuk pembelajaran daring yang memberikan pengalaman mendalam dan nyata.

Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk meningkatkan efisiensi proses belajar mengajar secara daring di bidang pendidikan kedokteran dan bidang pendidikan medis lain yang relevan, yaitu dengan menerapkan teknologi kolaboratif imersif menggunakan *Virtual Reality* (VR). VR adalah teknologi yang memungkinkan pengguna untuk dapat berinteraksi secara langsung dan nyata dengan lingkungan 3D [8]. Saat ini VR semakin terkenal karena aplikasinya yang luas di berbagai bidang. Teknologi ini memberikan kesempatan yang lebih baik untuk visualisasi 3D dalam kegiatan belajar mengajar, khususnya pada bidang pendidikan kedokteran. Para mahasiswa dan dokter sekarang dapat berinteraksi secara virtual dengan tubuh manusia [2]. Mereka dapat memperoleh pengalaman mendalam dengan gambar holografik menggunakan *headset* VR. Teknologi VR semakin populer dengan kemajuan perangkat keras dan perangkat lunak. Ini membantu ahli bedah untuk beroperasi tanpa membahayakan. Dalam kasus darurat, staf Unit Perawatan Intensif (ICU) dapat mempraktikkan prosedur medis dalam waktu terbatas. Ini memberikan solusi terbaik untuk mempelajari masalah yang menantang dan solusinya dan diterapkan untuk membangun kepercayaan dan membuat keputusan yang tepat. Ini membantu untuk menyelesaikan masalah neuropsikologis yang berbeda untuk pengobatan pasien [10]. VR adalah metode pelatihan inovatif untuk kelompok medis dan dapat digunakan untuk berbagai penyakit dalam menyediakan komunikasi medis yang memadai [3]. Dalam ortopedi, VR dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mempelajari patah tulang. Dokter dan mahasiswa sekarang dapat melakukan operasi secara digital dengan pembelajaran langkah demi langkah dan perangkat VR membantu meningkatkan kualitas dan kinerja operasi.

Pada penelitian ini, penulis merancang sebuah platform modul pembelajaran berbasis VR *multi-user* di bidang medis yang memungkinkan dokter, dosen, atau mahasiswa kedokteran dapat berkolaborasi dan melakukan simulasi medis bersama di dalam dunia virtual. Platform ini bertujuan untuk memberikan pengalaman yang nyata kepada mahasiswa kedokteran dalam melakukan tindakan medis, sehingga kegiatan belajar mengajar dan transfer ilmu jadi lebih efektif walaupun dilaksanakan secara daring.

B. Metode Penelitian

Untuk mempermudah pelaksanaan penelitian ini, penulis membagi metode penelitian menjadi 5 fase pengembangan yaitu Identifikasi (*Identification*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Develop*), Implementasi (*Implementation*), Evaluasi (*Evaluation*). Secara terperinci metode pengembangan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

Berdasarkan metode penelitian pada Gambar 1, maka kegiatan yang dilakukan pada tiap tahap yaitu:

1. Tahap Identifikasi (*Identification*)

Tahap ini merupakan langkah awal dalam melakukan penelitian ini. Pada tahap ini, penulis melakukan identifikasi dan analisis permasalahan yang terjadi pada proses belajar mengajar secara daring pada pendidikan kedokteran. Pada kasus ini, penulis bekerja sama dengan Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya untuk mengidentifikasi permasalahan pada penelitian ini. Proses identifikasi masalah dilakukan dengan cara melakukan pengumpulan informasi terkait kegiatan belajar mengajar secara daring dan luring, materi pembelajaran, identifikasi lingkungan belajar, dan proses kegiatan praktikum kedokteran [4]. Subjek pada penelitian ini adalah mahasiswa kedokteran Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya. Dari hasil tahap ini, materi pembelajaran yang akan dibuat sebagai modul ajar berbasis VR adalah simulasi anatomi manusia dan asuhan persalinan normal (APN).

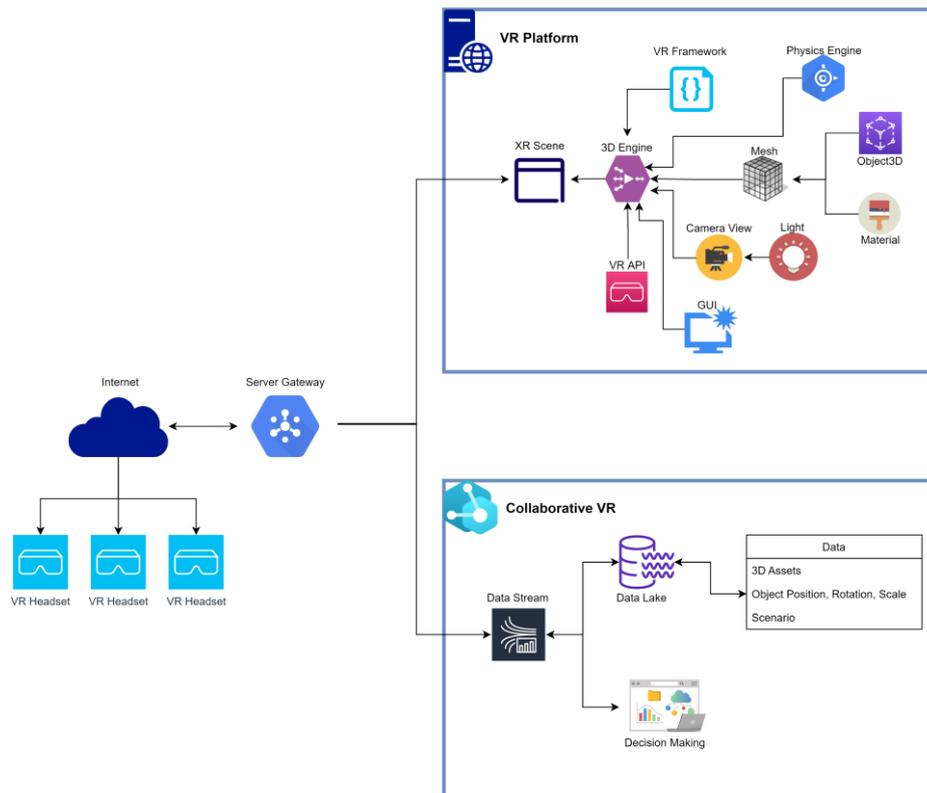
2. Tahap Desain (*Desain*)

Tahap ini merupakan tahap perancangan platform yang akan dikembangkan. Merujuk pada permasalahan yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Gambaran besar dari desain sistem platform pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

Dari gambaran besar desain sistem tersebut, dapat diketahui bahwa penulis merancang sebuah sistem berbasis pendekatan *microservice*, dimana dalam sebuah lingkungan server terbagi atas beberapa layanan tersendiri yang saling terhubung. Pendekatan ini digunakan karena memiliki beberapa kelebihan yang sesuai dengan karakteristik sistem pada penelitian ini [5]. Kelebihan-kelebihan tersebut antara lain yaitu:

- Aplikasi *microservice* bersifat *scalabale*, *secure* dan *reliable*.
- Proses *maintenance* lebih mudah dilakukan mengingat setiap *service* berdiri sendiri.
- Setiap *service* dapat berjalan secara bersamaan tanpa mengganggu *service* yang lain.

- Dapat beradaptasi dengan perkembangan teknologi baru.



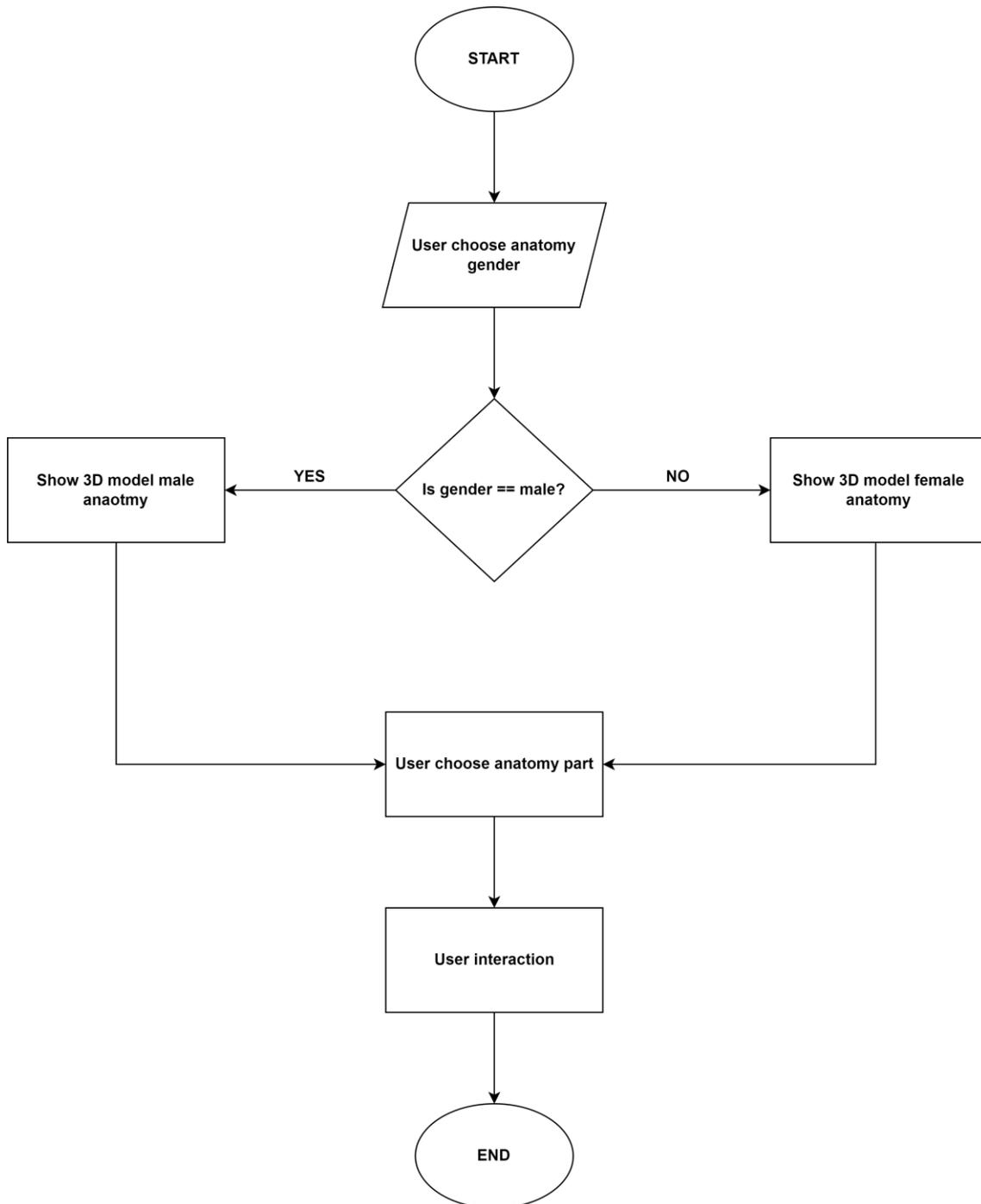
Gambar 2. Desain Sistem Platform

Pada penelitian ini perangkat *server* yang akan digunakan untuk membangun lingkungan *microservice* memiliki kriteria sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi *Server*

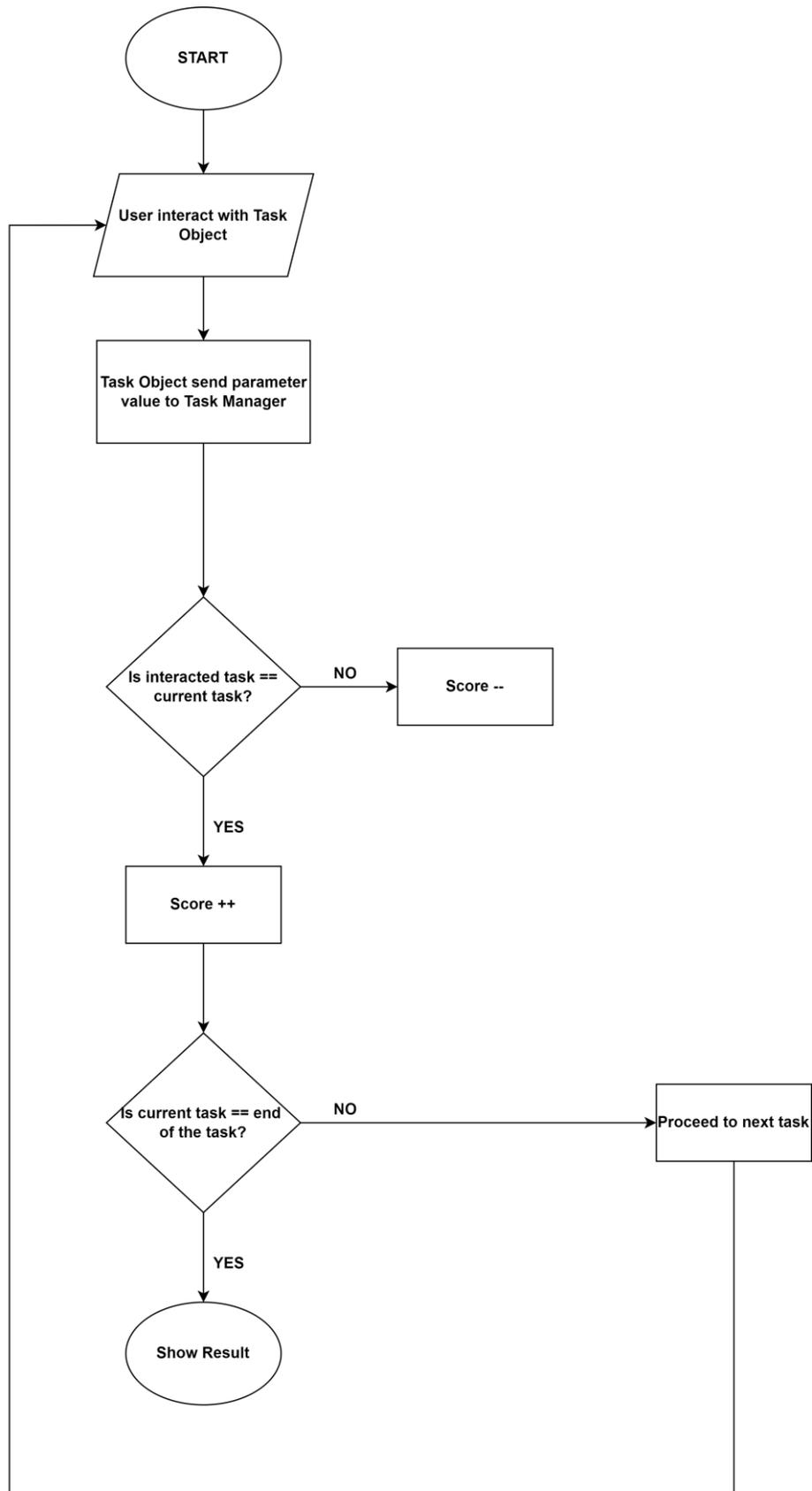
Komponen	Rincian
CPU	Intel(R) Xeon(R) Gold 5128 @ 2.30GHz
RAM	16 GB
OS	Debian 10 Buster 64 bit
Disk	100 GB
VMWare	VMWare ESXi 7.0.1
Cluster	Single Node

Berdasarkan hasil pada tahap sebelumnya, pada penelitian ini akan dibuat dua simulasi, yaitu simulasi anatomi manusia dan simulasi APN. Pada skenario anatomi manusia, pengguna dapat memilih gender anatomi dan dapat berinteraksi dengan bagian tubuh pada anatomi manusia. Flow diagram simulasi anatomi manusia dijelaskan pada Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Flow Diagram Simulasi Anatomi Manusia

Dalam skenario APN, pengguna dapat melakukan simulasi persalinan bayi. Pengguna akan berinteraksi secara langsung dengan ibu hamil, menyiapkan persiapan persalinan, hingga melakukan persalinan sampai bayi lahir. Setiap langkah yang dilakukan, pengguna akan mendapatkan skor berdasarkan benar dan salahnya setiap langkah. Flow diagram simulasi APN dijelaskan pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Flow Diagram Simulasi APN

3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap ini merupakan tahap pengembangan platform berdasarkan rancangan sistem yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Platform yang dikembangkan pada tahap ini akan diintegrasikan dengan perangkat VR yaitu Oculus Quest 2. Merujuk pada Gambar 2, pengembangan akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

a. Pengembangan VR *Platform*

Pengembangan dilakukan pada VR *scene* yang akan menampilkan visualisasi VR. Di dalam VR *scene* terdapat 3D *engine* yang berfungsi untuk melakukan proses rendering sekumpulan objek 3D yang ada pada VR. Pada 3D *engine* akan dikembangkan beberapa *service* yaitu *physics engine*, *mesh*, *camera view*, *lighting*, GUI, dan VR API. Pada tahap ini, pengguna akan dapat secara leluasa berinteraksi secara langsung dengan model virtual serta melakukan simulasi sesuai dengan skenario simulasi yang telah dibangun pada skenario medis yang tersimpan pada basis data. *Service* ini dapat di akses oleh pengguna melalui perangkat Oculus yang telah mendukung teknologi VR. Lalu untuk mendukung fitur kolaboratif dan *multi-user*, maka akan digunakan *server gateway* yang dimana dapat melakukan sinkronisasi 3D pada lingkungan virtual yang telah dibuat [6]. *Server gateway* akan selalu melakukan sinkronisasi ke semua user yang terhubung untuk setiap perpindahan 3D dan skenario secara *real time*. Dengan adanya fitur VR API pada 3D engine, *service* ini dimungkinkan untuk diintegrasikan dengan perangkat VR / MR, seperti Oculus, Magic Leap dan lain-lain [12]. Simulasi VR yang akan dibuat mengacu pada modul kedokteran Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya sehingga simulasi yang dibuat sudah sesuai dengan standar prosedur medis.

b. Pengembangan *Collaborative VR*

Pada tahap ini akan dikembangkan untuk sistem *Collaborative VR*. Sistem ini yang nantinya akan mendefinisikan beberapa scenario yang akan terjadi pada simulasi dan fitur *multiuser* yang memungkinkan pengguna berkolaborasi di dalam ruang virtual [14]. *Datalake* berfungsi sebagai tempat penyimpanan aset 3D, posisi, rotasi, dan skala objek terakhir, dan skenario. Ketika pengguna mengakses VR dan melakukan simulasi, maka data posisi, rotasi, dan skala objek akan diperbaharui secara real-time. Objek yang ada dapat berupa peralatan medis, kasur, ruangan, sampai dengan avatar user. Hal ini yang akan memungkinkan sistem dapat memiliki fitur simulasi yang kolaboratif. Sehingga setiap perpindahan dari setiap objek akan dicatat pada basis data dan dikirim kembali ke semua user melalui *server gateway* secara *real-time* [7]. Terdapat pengembangan fitur *decision making* untuk setiap skenario simulasi. Dalam contohnya, ketika user melakukan simulasi melahirkan bayi, bayi yang keluar akan berbeda-beda posisi sesuai dengan kondisi pasien. Penerapan *decision making* ini akan memberikan pengalaman yang imersif sesuai dengan kondisi nyata ketika melakukan suatu scenario simulasi. Pada

tahap ini, pengembangan juga dilakukan pada fitur multiuser yang memungkinkan user dapat berkolaborasi dengan user lain pada lingkungan simulasi yang sama [11]. Data posisi, rotasi, dan skala pada setiap 3D asset akan tersinkronisasi di semua skenario yang dijalankan oleh user. Sehingga ketika suatu user membawa barang atau menyelesaikan langkah simulasi akan langsung tersinkronisasi ke semua user.

4. Tahap Implementasi (*Implementation*)

Tahap implementasi merupakan tahap penerapan platform yang telah dikembangkan pada pengguna. Pengguna platform ini adalah mahasiswa dan dosen Fakultas Kedokteran Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya (FK UNUSA). Implementasi platform ini dilakukan dengan melakukan pengujian modul simulasi VR anatomi manusia dan simulasi VR APN pada mahasiswa dan dosen FK UNUSA.

5. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap ini merupakan tahap evaluasi platform setelah dilakukannya uji coba simulasi VR anatomi manusia dan VR APN pada dosen dan mahasiswa kedokteran. Evaluasi ini bertujuan untuk mendapatkan data yang akan dijadikan dasar pada pengembangan selanjutnya. Data pada evaluasi ini dibagi menjadi dua, yaitu data performa platform dan data kepuasan pengguna menggunakan *PIECES Framework*

C. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini akan menyajikan hasil Implementasi dari desain sistem penelitian, eksperimen dan analisis yang telah dilakukan. Pada platform VR yang telah dibuat, parameter yang digunakan berupa performa FPS dari beberapa kasus penggunaan *triangle* pada aset 3D dalam skenario simulasi. FPS ini akan menunjukkan seberapa lancar modul simulasi ketika dijalankan. Lalu pengujian juga akan dilakukan untuk mendapatkan data kepuasan pengguna terhadap modul simulasi yang telah dibuat. Terdapat enam parameter yang digunakan yaitu *Performance, Information and Data, Economics, Control and Security, dan Efficiency*. Parameter tersebut didasarkan dari variable yang diujikan pada *PIECES Framework* [4], kerangka yang dipakai untuk mengklasifikasikan suatu permasalahan dan potensi yang terdapat pada modul simulasi VR. Dengan kerangka ini, dapat dihasilkan hal-hal baru yang dapat menjadi pertimbangan dalam mengembangkan sistem.

Penulis telah berhasil mengembangkan dua modul simulasi berbasis VR yaitu simulasi anatomi manusia dan simulasi asuhan persalinan normal (APN). Modul tersebut dibuat didasarkan pada standar prosedur medis dan konsultasi secara rutin terhadap dokter terkait [14]. Sehingga modul simulasi VR yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dosen dan mahasiswa kedokteran.

1. Lingkungan Uji Coba

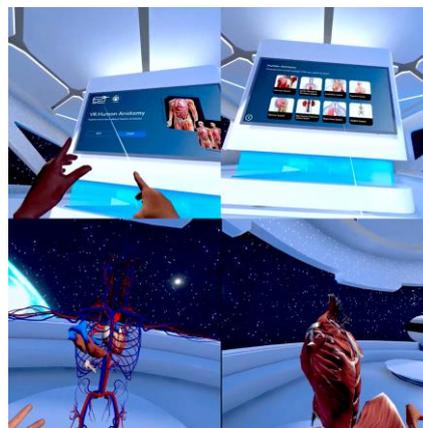
Dalam menjalankan modul simulasi VR pada penelitian ini, dibutuhkan perangkat VR. Perangkat VR pada penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2. Spesifikasi Oculus Quest 2

Komponen	Rincian
CPU	Qualcomm Snapdragon XR2 chipset
RAM	6 GB
Storage	64 GB
Frame rate	72 Hz

2. Simulasi VR Anatomi Manusia

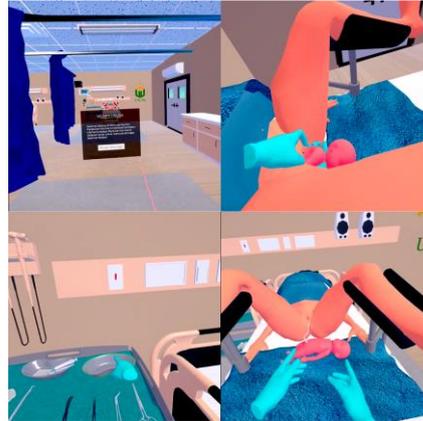
Skenario simulasi anatomi manusia memiliki beberapa fitur. Pengguna dapat mengambil organ manusia dan berkolaborasi dalam lingkungan virtual yang sama. Ketika pengguna meraih dan memindahkan suatu objek, maka gerakan objek tersebut disinkronkan ke semua pengguna yang terhubung ke lingkungan yang sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Sehingga pengguna lain dapat melihat pergerakan objek tersebut. Pengguna juga dapat berbicara satu sama lain menggunakan mikrofon pada headset VR mereka secara *real-time*.



Gambar 5. Simulasi VR Anatomi Manusia

3. Simulasi VR Asuhan Persalinan Normal

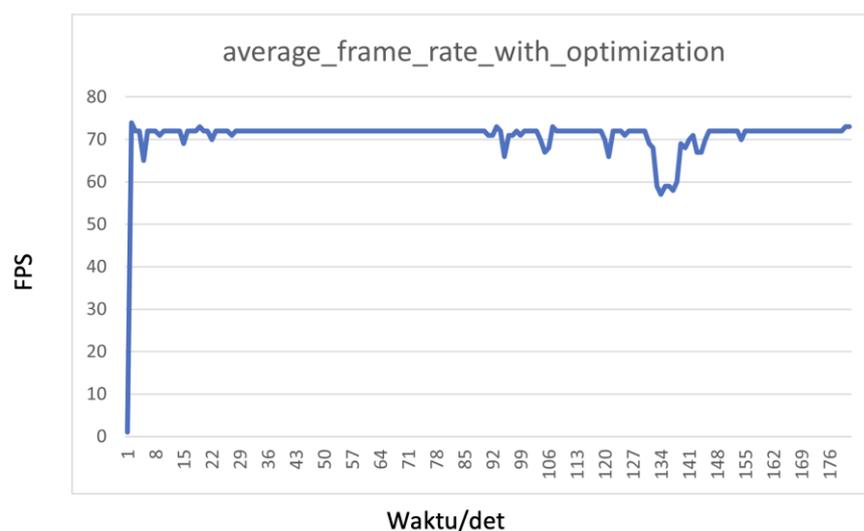
Pada simulasi VR APN, pengguna dapat melakukan persalinan secara virtual dengan aman. Tujuan dari simulasi ini adalah menciptakan praktikum yang aman dan tanpa resiko, karena semuanya diproses secara virtual. VR APN terdiri dari beberapa langkah dari awal menyiapkan peralatan hingga akhir ketika bayi lahir. Setiap langkah pada VR APN ini telah sesuai dengan standar prosedur medis yang ada yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Simulasi VR Asuhan Persalinan Normal (APN)

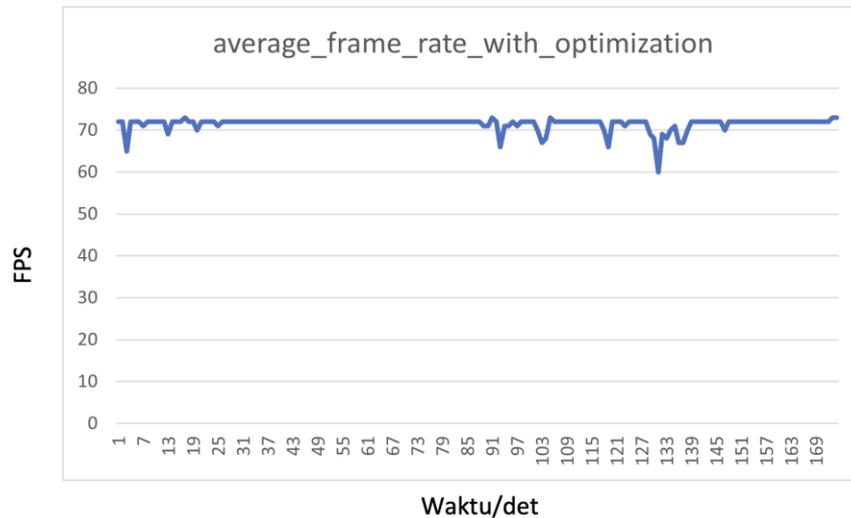
4. Pengujian platform

Pada pengujian platform, penulis melibatkan mahasiswa dan dosen Fakultas Kedokteran Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya. Platform VR yang telah dikembangkan menjadi media alternatif dalam kegiatan belajar mengajar secara daring. Pada tahap ini, penulis telah melakukan pengujian performa pada system yang telah dibuat. Pada pengujian performa, penulis melakukan percobaan pada jumlah total *triangles* yang akan dirender dalam satu waktu oleh Oculus Quest 2. Pengujian dilakukan pada dua skenario simulasi yang berbeda. Hasil pengujian performa yang didapatkan pada simulasi anatomi manusia dijelaskan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Performa Simulasi VR Anatomi Manusia

Lalu hasil pengujian performa yang didapatkan pada dijelaskan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Performa Simulasi VR APN

Pada Gambar 7 dan Gambar 8 menunjukkan rata-rata FPS yang didapatkan pada kedua simulasi adalah 70 FPS. Standar jumlah total triangles yang dapat dirender pada satu waktu oleh Oculus Quest 2 adalah antara 750 ribu samai dengan 1 juta total triangles. Jika lebih dari standar yang telah ditetapkan maka, FPS yang akan didapatkan akan semakin kecil. Oculus Quest 2 memiliki dua konfigurasi frame rate yaitu 72Hz dan 90Hz. Frame rate yang kami gunakan pada system ini adalah 72Hz, sehingga FPS yang seharusnya didapatkan untuk dikatakan normal adalah 72 FPS. Ketika FPS yang didapatkan dibawah 72 FPS, maka hal itu akan memengaruh pengalaman user dalam menggunakan VR, seperti *motion sickness* dan aplikasi yang terlihat lambat. Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan, kami melihat bahwa platform yang dikembangkan telah berhasil diimplementasikan pada perangkat VR yaitu Oculus Quest 2.

Untuk mengetahui tingkat kepuasan pengguna dan tingkat kepentingan penggunaan platform ini sebagai modul praktik klinik, maka perlu dilakukan proses analisis dan evaluasi terhadap pengguna terhadap kinerja platform. Gambar 9 menggambarkan proses pengujian simulasi VR pada pengguna.



Gambar 9. Pengujian Simulasi VR (a) Dosen FK UNUSA
(b) Mahasiswa FK UNUSA

Penilaian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan teknis, pelaksanaan operasional, dan pendayagunaan platform. Analisis Tingkat Kepuasan pada platform ini berfokus pada kinerja simulasi saat dijalankan, sehingga fokus analisis ini digunakan untuk mengetahui pandangan pengguna terhadap kinerja platform. Metode yang digunakan untuk analisis ini yaitu *PIECES Framework* yang terdiri dari (*Performance, Information and Data, Economy, Control and Security, Efficiency, dan Service*) [13].

Instrumen penilaian platform menggunakan kuisisioner yang dibuat berdasarkan 6 fokus dari *PIECES Framework*. Tabel 3 menunjukkan variabel yang ada pada *PIECES Framework* dengan jumlah pertanyaan yang digunakan untuk mengukur skala kepuasan yang ditunjukkan pada Tabel 4. Untuk mengetahui tingkat kepuasan platform ini, formula yang digunakan menurut metode Likert dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$RSK = \frac{JSK}{JK}$$

RK = rata-rata kepuasan / kepetingan
 JSK = jumlah skor kuisisioner
 JK = jumlah kuesioner

Tabel 3. Domain PIECES Framework

No	Variabel	Jumlah Pertanyaan
1	Performance	10
2	Information and Data	14
3	Economics	8
4	Control and Security	9
5	Efficiency	9
6	Service	10

Tabel 4. Skala Tingkat Kepuasan

Pilihan Jawaban	Singkatan	Skor
Sangat Setuju	SS	5
Setuju	S	4
Ragu-ragu	RG	3
Tidak Setuju	TS	2
Sangat Tidak Setuju	STS	1

Data analisis yang diperoleh dari penyebaran kuisisioner kemudian diolah untuk mendapatkan nilai rata-rata kepuasan dan kepentingan yang disesuaikan dengan range nilai uji. Subjek koresponden pada kuisisioner ini berjumlah 60 orang yang terdiri dari mahasiswa dan dosen Fakultas Kedokteran Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya. Tabel 4 memberikan informasi tentang range predikat kepentingan yang terdiri dari 5 variabel, dan juga predikat kepuasan dengan jumlah variabel yang sama.

Tabel 5. Skala Rata-rata Kepuasan

Range Nilai	Predikat Kepuasan
1 - 1.79	Sangat Tidak Puas
1.8 - 2.59	Tidak Puas
2.6 - 3.39	Cukup Puas
3.4 - 4.91	Puas
4.92 - 5	Sangat Puas

Hasil yang diperoleh dari pengolahan nilai berdasarkan kuisisioner, didapatkan nilai rata-rata untuk tingkat kepentingan dan tingkat kepuasan dari hasil menggunakan PIECES Framework, seperti terlihat pada Tabel 5 dan saat dihubungkan dengan Tabel 6 menghasilkan respon positif.

Tabel 6. Hasil PIECES Framework

Variabel	Tingkat Kepuasan	Predikat Kepuasan
Performance	4.08	Puas
Information and Data	4.2	Puas
Economics	4.1	Puas
Control and Security	4.05	Puas
Efficiency	4.09	Puas
Service	3.90	Puas

Dari analisis *PIECES Framework* didapatkan kepuasan pada Performance mahasiswa merasa puas dengan simulasi VR yang mudah dioperasikan, mudah diakses, mudah merespon suatu perintah, dan dapat dijalankan secara bersamaan dengan user lain. Pada respon *Information and Data*, mahasiswa merasa puas dan penting karena simulasi VR yang dikembangkan dapat menyimpan data dan informasi yang disajikan mudah untuk dipelajari, dapat diandalkan / dipercaya karena sudah mengikuti standar prosedur medis. Mahasiswa juga merasa puas dan penting karena platform ini dapat menghemat biaya karena platform berupa aplikasi yang tertanam pada headset VR dan bisa menggantikan buku dan alat-alat medis. Pada keamanan platform juga memudahkan mahasiswa untuk menghadapi praktikum online sehingga mahasiswa merasa puas dan penting. Platform ini juga efisien dalam berperan memberikan bantuan kepada pengguna dalam menjalankan aplikasi karena sudah disertai *tutorial*, sehingga mahasiswa merasa puas dan penting. Pelayanan *service* yang diberikan platform juga menarik, memudahkan, mudah dipelajari, dan mahasiswa merasa puas serta penting adanya platform ini.

D. Simpulan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan platform pembelajaran kedokteran berbasis teknologi imersif yaitu *virtual reality* (VR). Dengan platform yang dikembangkan ini, transfer ilmu antara dosen kedokteran dan mahasiswa kedokteran akan lebih efektif karena ilmu yang didapat langsung diterapkan untuk memecahkan masalah medis. Penelitian ini telah berhasil menciptakan platform imersif yang mempertemukan dokter, dosen, dan mahasiswa dalam lingkungan virtual yang sama untuk berkolaborasi di dunia virtual dan melakukan simulasi medis secara *real time*.

E. Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih atas dukungan yang diterima dari Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya - Indonesia (UNUSA) berdasarkan kontrak Skema 6 Nomor : 161.6.6.5/UNUSA/Adm-LPPM/III/2021 yang telah mendukung dan membantu dalam memberikan bantuan aset untuk keperluan dari penelitian ini.

F. Referensi

- [1] S. Tabatabai, "COVID-19 impact and virtual medical education.," *J. Adv. Med. Educ. Prof.*, vol. 8, no. 3, pp. 140–143, 2020, doi: 10.30476/jamp.2020.86070.1213.
- [2] Evianita Dewi Fajrianti, Sritrusta Sukaridhoto, M. Udin Harun Al Rasyid, Rizqi Putri Nourma Budiarti, Ilham Achmad Al Hafidz, Naufal Adi Satrio, and Ardiman Firmanda. "Design And Development of Human Anatomy Learning Platform for Medical Students Based On Augmented Intelligence Technology," In International Electronics Symposium on Knowledge

- Creation and Intelligent Computing, IES-KCIC 2021. 2021.
- [3] Ilham Achmad Al Hafidz, SriTrusta Sukaridhoto, M. Udin Harun Al Rasyid, Rizqi Putri Nourma Budiarti, Rachma Rizqina Mardhotillah, Rizki Amalia, Evianita Dewi Fajrianti, and Naufal Adi Satrio. "Design of Collaborative WebXR for Medical Learning Platform In International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing," IES-KCIC 2021. 2021.
- [4] E. D. Fajrianti et al., "Application of Augmented Intelligence Technology with Human Body Tracking for Human Anatomy Education," *IJIET*, vol. 12, no. 6, pp. 476–484, 2022, doi: 10.18178/ijiet.2022.12.6.1644.
- [5] S. Huh, S. Muralidharan, H. Ko, and B. Yoo, "XR collaboration architecture based on decentralized web," *Proc. - Web3D 2019 24th Int. ACM Conf. 3D Web Technol.*, 2019, doi: 10.1145/3329714.3338137.
- [6] V. Parthasarathy, A. A. Simiscuka, N. O'Connor, and G. M. Muntean, "Performance Evaluation of a Multi-User Virtual Reality Platform," *2020 Int. Wirel. Commun. Mob. Comput. IWCMC 2020*, pp. 934–939, 2020, doi: 10.1109/IWCMC48107.2020.9148390.
- [7] M. Javaid and A. Haleem, "Virtual reality applications toward medical field," *Clin. Epidemiol. Glob. Heal.*, vol. 8, no. 2, pp. 600–605, 2020, doi: 10.1016/j.cegh.2019.12.010.
- [8] M. Fajrul, S. Sukaridhoto, M. U. Harun, and A. Rasyid, "Design of Virtual Engineering and Digital Twin Platform as Implementation of Cyber-Physical Systems," *5th Int. Conf. Syst. Intell. Des.*, vol. 00, no. 2019, pp. 331–336, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.11.055.
- [9] H. Ro'fatulhaq et al., "Development of Virtual Engineering Platform for Online Learning System," pp. 185–192, 2020, doi: 10.1109/cenim51130.2020.9297981.
- [10] B. Schleich, N. Anwer, L. Mathieu, and S. Wartzack, "Shaping the digital twin
- [11] D. Taibi, V. Lenarduzzi, and C. Pahl, "Processes, Motivations, and Issues for Migrating to Microservices Architectures: An Empirical Investigation," *IEEE Cloud Comput.*, vol. 4, no. 5, pp. 22–32, 2017, doi: 10.1109/MCC.2017.4250931.
- [12] S. Neelakantam and T. Pant, *Learning Web-based Virtual Reality: Build and Deploy Web-based Virtual Reality Technology*. Apress, 2017.
- [13] S. N. B. Gunkel, H. M. Stokking, M. J. Prins, N. Van Der Stap, F. B. Ter Haar, and O. A. Niamut, "Virtual reality conferencing: Multi-user immersive VR experiences on the web," *Proc. 9th ACM Multimed. Syst. Conf. MMSys 2018*, pp. 498–501, 2018, doi: 10.1145/3204949.3208115.
- [14] Fakultas Kedokteran Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya, *Keterampilan Klinis OSCE Komprehensif*. 2018.