

Augmented Learning untuk Pembelajaran Anatomi Wajah Berbasis Computer Vision Interaktif

Surya Prihanto¹, Yusril Al Fath², Satrio³, Muhammad Rifqi Naufal⁴
^{1,2,3,4} Universitas Lampung, Indonesia

Info Artikel

Riwayat Artikel

Diterima: 08-10-2025

Disetujui: 27-12-2025

Kata Kunci

Computer Vision;

Mediapipe;

Face Mesh;

Hand Tracking;

Media-pipe;

surya.prihanto@fmipa.unila.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi *Computer Vision* memungkinkan terciptanya media pembelajaran interaktif yang membantu siswa memahami anatomi wajah secara visual dan praktis melalui interaksi dengan model digital. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran anatomi wajah interaktif berbasis *Computer Vision* dengan integrasi *MediaPipe Face Mesh* dan *Hand Tracking*. Sistem dirancang untuk meningkatkan pemahaman konsep anatomi melalui interaksi visual, auditori, dan kinestetik. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan, dan uji coba. Aplikasi memiliki dua fitur utama, yaitu fitur praktikum (*Edu-Touch*, *3D Board*, dan *Game Anatomi*) serta fitur materi (kuis, buku digital, dan *video learning*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi 468 titik *landmark* wajah dan 21 titik *landmark* tangan secara *real-time* dengan akurasi tinggi. Fitur *Edu-Touch* berhasil menampilkan animasi 3D dan suara penjelasan saat titik wajah disentuh. Fitur *3D Board* mengenali pertemuan *landmark* jari telunjuk (titik 8) dan ibu jari (titik 4) untuk mengontrol rotasi model 3D, sedangkan *Game Anatomi* berhasil mendeteksi ekspresi wajah sebagai respons terhadap soal. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi *MediaPipe* efektif dalam menciptakan pembelajaran yang interaktif, menarik, dan adaptif terhadap berbagai gaya belajar.

1. PENDAHULUAN

Belajar merupakan proses di mana seseorang mencurahkan waktu dan pikiran untuk memperoleh pengetahuan serta pengalaman baru. Seiring perkembangan teknologi, proses belajar tidak lagi terbatas pada metode tradisional seperti membaca buku atau mendengarkan ceramah [1], [2]. Pemanfaatan alat digital, seperti simulasi interaktif dan elemen gamifikasi mulai diintegrasikan untuk meningkatkan keterlibatan siswa dan hasil belajar mereka secara signifikan [3]. Saat ini, pembelajaran berkembang menuju pendekatan yang lebih aktif, inovatif, dan berpusat pada siswa. Tujuannya adalah agar peserta didik tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga mengembangkan keterampilan dan sikap positif dalam belajar [4].

Meskipun demikian, sistem pendidikan modern memiliki tantangan besar terutama dalam hal metode pembelajaran yang cenderung pasif dan monoton. Ketergantungan pada teks atau ceramah sering membuat siswa kesulitan memahami konsep kompleks. Penelitian di SMAN 18 Medan menunjukkan bahwa penggunaan media visual seperti video animasi mampu meningkatkan pemahaman dan motivasi belajar siswa [5]. Namun, media tersebut masih bersifat statis dan belum mampu menyesuaikan kebutuhan individu siswa secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan inovasi media pembelajaran yang lebih dinamis dan interaktif.

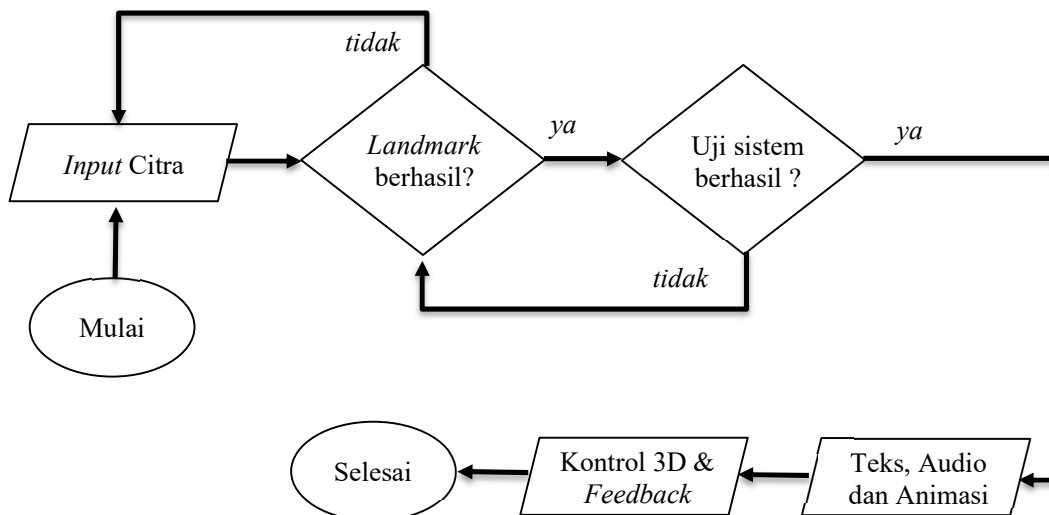
Perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* membuka peluang untuk menciptakan

media pembelajaran yang adaptif atau dengan kata lain memberikan pengalaman yang menyesuaikan kebutuhan [6], [7]. Melalui AI, sistem dapat menyesuaikan materi, memberikan umpan balik secara *real-time*, dan menyajikan simulasi visual yang membantu pemahaman konsep secara mendalam. Penelitian Pujowati [8] menunjukkan bahwa game edukasi berbasis AI dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam belajar. Selain itu, pembelajaran anatomi sangat menekankan kemampuan visual dan psikomotorik, di mana penyajian materi secara interaktif dapat membantu siswa memahami struktur tubuh manusia secara lebih efektif [9]. Namun, sebagian besar media pembelajaran anatomi wajah yang tersedia masih bersifat dua dimensi dan tidak memberikan pengalaman visualisasi secara *real-time* maupun interaksi langsung dengan objek pembelajaran, sehingga diperlukan pendekatan berbasis *computer vision* untuk menjembatani kebutuhan tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi pembelajaran anatomi wajah interaktif berbasis *Computer Vision* untuk meningkatkan keterampilan psikomotorik. Aplikasi ini memanfaatkan teknologi *MediaPipe* dengan bahasa pemrograman *Python* untuk mendeteksi dan memetakan fitur wajah secara *real-time*. Melalui pendekatan ini, siswa dapat berinteraksi langsung dengan model digital anatomi wajah, sehingga proses belajar menjadi lebih menarik dan intuitif. Integrasi teknologi *Computer Vision* dalam media pembelajaran tidak hanya meningkatkan efektivitas interaksi, tetapi juga menggabungkan pemahaman konseptual dengan pengalaman praktis secara cerdas. Pendekatan ini sejalan dengan konsep pendidikan berbasis visi komputer yang mampu mengoptimalkan efisiensi pembelajaran interaktif melalui pemanfaatan kecerdasan mesin yang lebih adaptif dan mudah dipahami [10], [11], [12].

2. METODE

Jenis penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan *Research and Development* (Gambar 1) yang bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi media pembelajaran berbasis *Computer Vision*. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan proses pengujian dan penyempurnaan sistem secara iteratif agar sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik pengguna. Adapun tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Sistem Pembelajaran Anatomi Wajah Berbasis *Computer Vision*

A. Analisis Kebutuhan

Tahap ini diawali dengan observasi dan pengumpulan data mengenai permasalahan dalam pembelajaran anatomi wajah, khususnya pada pemahaman struktur wajah manusia di tingkat sekolah dasar dan menengah. Analisis difokuskan pada bagaimana media pembelajaran dapat dibuat lebih interaktif, menarik, dan adaptif dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan artifisial dan *computer vision*.

B. Perancangan Sistem

Tahap ini meliputi perencanaan arsitektur sistem serta persiapan alat dan bahan. Perangkat yang digunakan mencakup kamera laptop atau kamera eksternal untuk menangkap gerakan wajah secara *real-time*, laptop Asus TUF dengan RAM 8GB, SSD 512GB, GPU NVIDIA GTX 1650Ti, serta bahasa pemrograman *Python* dengan *library MediaPipe*. Dataset model 3D anatomi wajah diperoleh dari Sketchfab [13] sebagai basis animasi dan interaksi dalam aplikasi pembelajaran.

C. Pengembangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan implementasi algoritma berbasis *MediaPipe Face Mesh* dan *Hand Tracking* secara *real-time*. *MediaPipe Face Mesh* digunakan untuk mendeteksi 468 titik landmark pada wajah [14], sedangkan *Hand Tracking* mendeteksi 21 titik *landmark* pada tangan [15]. Data koordinat x, y, dan z dari hasil deteksi digunakan untuk mengontrol model 3D anatomi wajah serta mengaktifkan fitur interaktif seperti *Edu-Touch*, *3D Board*, dan *Game Edukasi* yang mendukung keterampilan psikomotorik siswa.

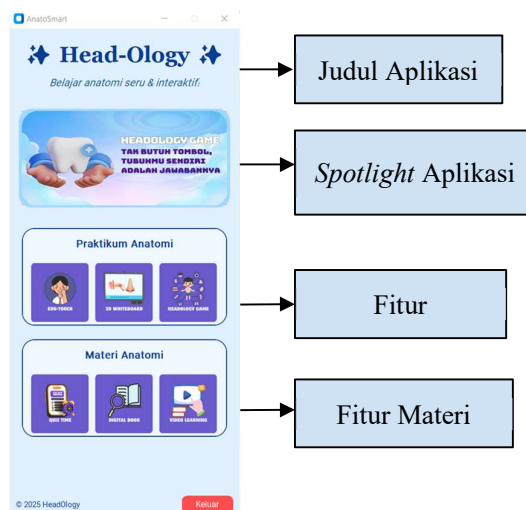
D. Uji Coba dan Evaluasi

Setelah sistem dikembangkan, dilakukan uji coba fungsional dan evaluasi efektivitas pembelajaran. Evaluasi dilakukan secara iteratif untuk menilai respons pengguna, akurasi deteksi gerakan wajah dan tangan, serta tingkat interaktivitas dan kemudahan penggunaan aplikasi. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk melakukan revisi dan penyempurnaan sistem agar lebih optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Interface

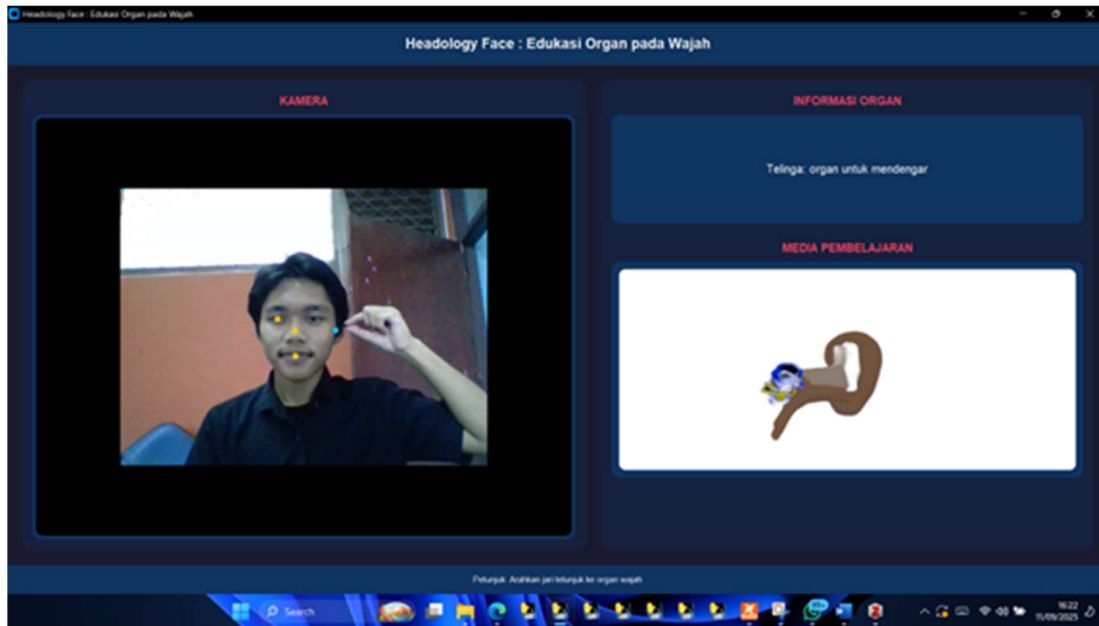
Aplikasi pembelajaran anatomi wajah interaktif dikembangkan menggunakan teknologi *Computer Vision* dengan integrasi *MediaPipe Face Mesh* dan *Hand Tracking*. Aplikasi memiliki dua fitur utama, yaitu fitur praktikum dan fitur materi. Fitur praktikum terdiri dari *Edu-Touch*, *3D Board*, dan *Headology Game*, sedangkan fitur materi mencakup kuis interaktif, buku digital, dan *video learning* yang mendukung pembelajaran visual dan auditori secara bertahap (Gambar 2).



Gambar 2. Tampilan antarmuka utama aplikasi pembelajaran anatomi wajah interaktif

B. Hasil Pengujian Fitur Edu-Touch

Fitur *Edu-Touch* mengintegrasikan deteksi *landmark* wajah dan tangan untuk menampilkan bagian anatomi wajah secara interaktif. Pengguna menekan titik tertentu pada wajah menggunakan ujung jari telunjuk, kemudian sistem mengenali pertemuan antara *landmark* wajah dan ujung jari (*landmark* 8). Hasil deteksi memunculkan animasi 3D bergerak (telinga, mulut, hidung, mata) dan teks informasi organ yang disentuh serta suara penjelasan otomatis (Gambar 3).



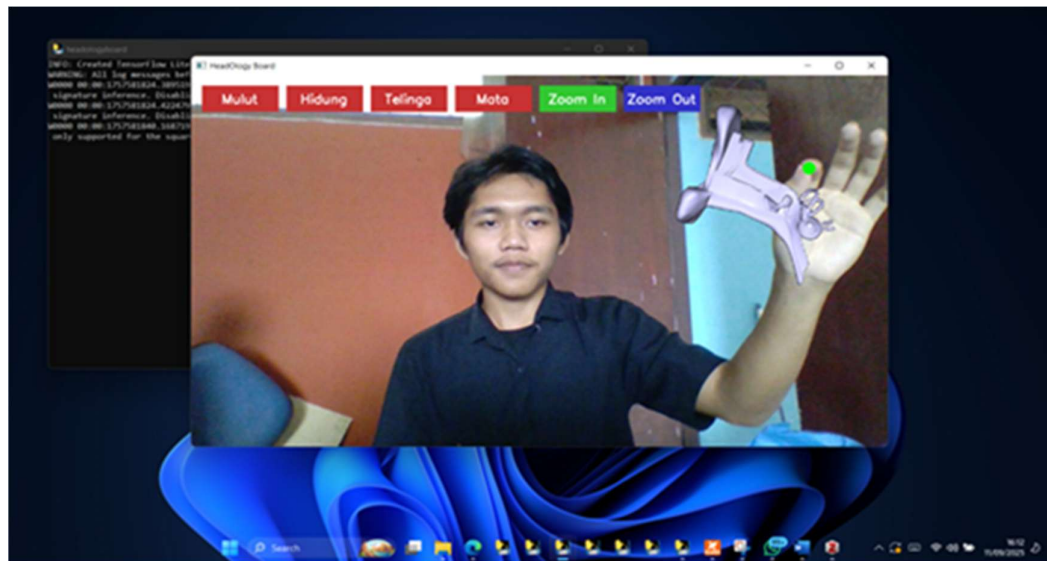
Gambar 3. Tampilan Fitur *Edu-Touch*

Tabel 1. Hasil Respon Sistem Fitur *Edu-touch*

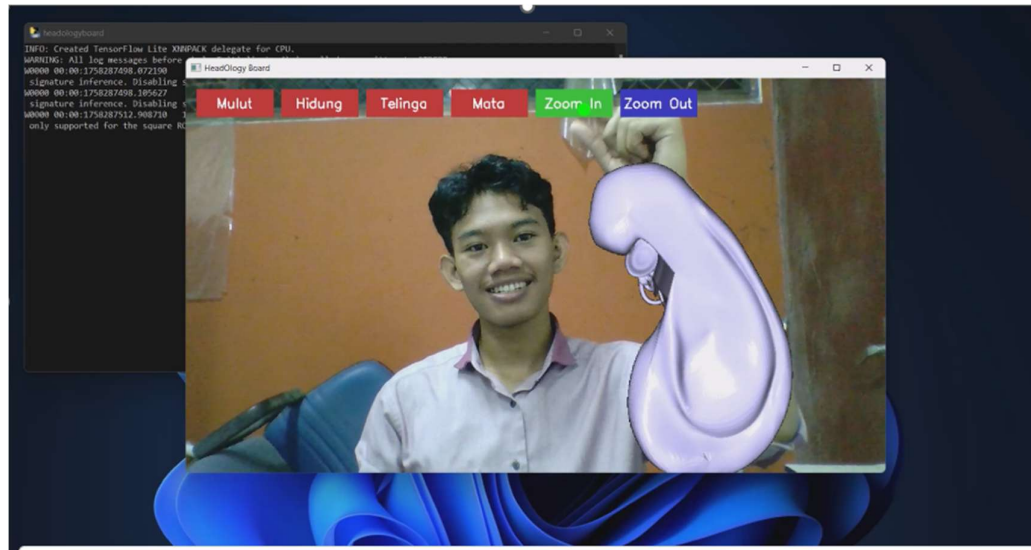
No.	Nama Bagian	Deteksi Landmark	Respon Sistem	Keterangan
1.	Telinga	Teridentifikasi	Model 3D bergerak + suara muncul	Berhasil
2.	Hidung	Teridentifikasi	Model 3D bergerak + suara muncul	Berhasil
3.	Mulut	Teridentifikasi	Model 3D bergerak + suara muncul	Berhasil
4.	Mata	Teridentifikasi	Model 3D bergerak + suara muncul	Berhasil

C. Hasil Pengujian Fitur *3D Board*

Fitur *3D Board* menggunakan *Hand Tracking* untuk mengendalikan rotasi dan perbesaran model 3D secara *real-time*. Sistem mengenali pertemuan antara *landmark* jari telunjuk (titik 8) dan ibu jari (titik 4) sebagai sinyal aktivasi kontrol rotasi model anatomi wajah. Ketika kedua titik tersebut saling berdekatan, sistem mendeteksi gerakan tangan pengguna untuk memutar atau memperbesar objek anatomi (Gambar 4 dan 5). Melalui mekanisme ini, pengguna dapat mengatur posisi dan ukuran organ seperti mata, hidung, mulut dan telinga secara intuitif dengan gerakan tangan di depan kamera.



Gambar 4. Tampilan Fitur 3D-Board (Rotation)



Gambar 5. Tampilan Fitur 3D-Board (Zoom + Rotation)

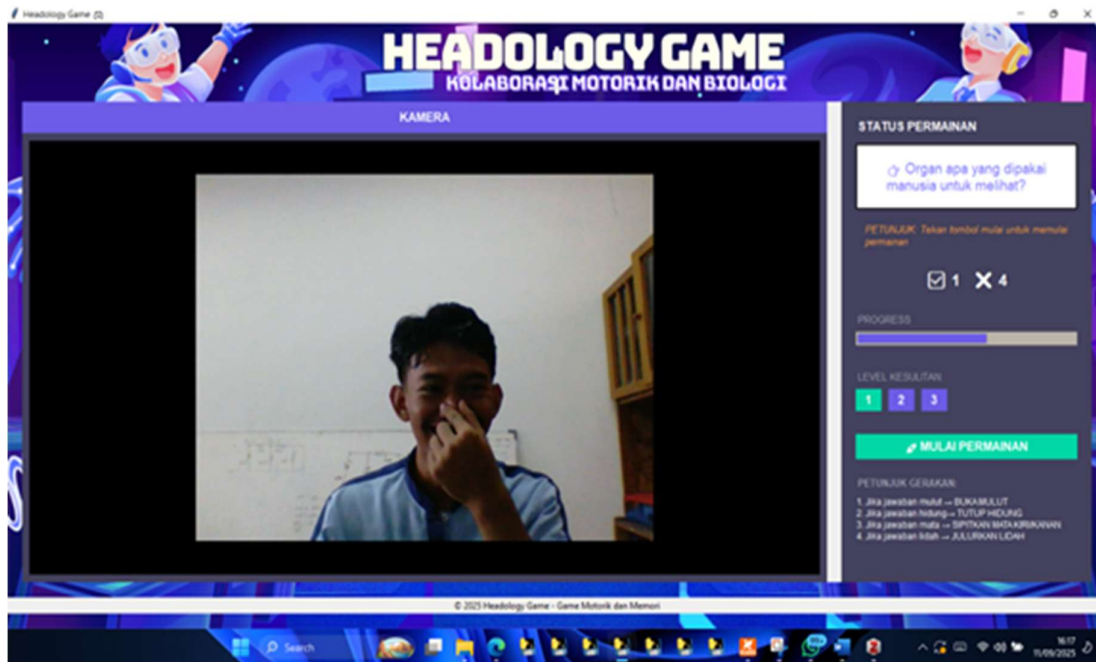
Tabel 2. Hasil Respon Sistem Fitur 3D-Board

No.	Objek 3D	Gerakan Tangan	Respon Sistem	Hasil
1.	Telinga	Telunjuk & jempol bertemu	Model berputar horizontal	Berhasil
2.	Hidung	Telunjuk & jempol bertemu	Model berputar horizontal	Berhasil
3.	Mulut	Telunjuk & jempol bertemu	Zoom in / Zoom Out	Berhasil
4.	Mata	Telunjuk & jempol bertemu	Zoom in / Zoom Out	Berhasil

D. Hasil Pengujian Fitur Headology Game

Fitur *Headology Game* menerapkan pendekatan *game-based learning* dengan interaksi berbasis ekspresi wajah (Gambar 6). Sistem mengenali gerakan seperti membuka mulut, menyipitkan mata, atau memegang hidung pada berbagai tingkat kecepatan. Terdapat tiga level

kesulitan, di mana Level 1 menampilkan pertanyaan setiap 3 detik, Level 2 setiap 2 detik, dan Level 3 setiap 1 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi ekspresi dengan baik pada Level 1 dan 2, namun pada Level 3 tingkat keberhasilan menurun akibat kecepatan pergantian soal yang tinggi, sehingga beberapa gerakan wajah tidak terbaca sepenuhnya.



Gambar 6. Tampilan Fitur *Headology Game*

Tabel 3. Hasil Respon Sistem Fitur *Headology Game*

No.	Pertanyaan	Gerakan Pengguna	Respon Sistem	Hasil
1.	Organ apa yang menyempit saat terkena cahaya terang?	Menyipitkan mata	Sistem mengkonfirmasi Benar	Berhasil
2.	Organ mana yang bisa digunakan untuk melotot?	Menyipitkan mata	Sistem mengkonfirmasi Benar	Berhasil
3.	Organ apa yang digunakan dokter saat meminta pasien berkata Ah	Membuka Mulut	Sistem mengkonfirmasi Benar	Berhasil
4.	Bagian tubuh apa yang digunakan manusia untuk memasukan makanan?	Membuka Mulut	Sistem mengkonfirmasi Benar	Berhasil
5.	Organ apa yang digunakan untuk mencium aroma?	Memegang Hidung	Sistem mengkonfirmasi Benar	Berhasil
6.	Bagian tubuh mana yang bisa dipakai untuk menjilat bibir?	Menjulurkan Lidah	Sistem mengkonfirmasi Salah	Gagal
7.	Bagian wajah apa yang berubah bentuk saat seseorang tersenyum?	Membuka Mulut	Sistem mengkonfirmasi Benar	Berhasil
8.	Bagian tubuh mana yang kadang pilek?	Memegang Hidung	Sistem mengkonfirmasi Benar	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian terhadap tiga fitur utama, sistem menunjukkan performa yang baik dalam mendeteksi gerakan wajah dan tangan secara *real-time* melalui integrasi *MediaPipe Face Mesh* dan *Hand Tracking*. Implementasi algoritma mampu mengenali 468 titik landmark wajah dan 21 titik *landmark* tangan dengan stabilitas tinggi pada berbagai kondisi pencahayaan dan jarak. Fitur *Edu-Touch* berhasil menampilkan respon interaktif berupa teks, suara, dan animasi 3D saat pengguna menyentuh area wajah tertentu. Sistem mendeteksi pergerakan jari secara akurat dan memberikan umpan balik secara langsung. Fitur ini efektif meningkatkan keterlibatan visual dan auditori siswa, serta membantu mereka mengenali bagian wajah secara lebih kontekstual (Tabel 1, Gambar 3).

Fitur 3D Board memungkinkan pengguna memanipulasi model anatomi wajah secara langsung menggunakan gerakan tangan. Deteksi pertemuan antara jari telunjuk dan ibu jari berjalan stabil, menghasilkan kontrol rotasi dan skala model 3D yang halus. Fitur ini memperkuat pemahaman spasial dan memberikan pengalaman belajar yang menyerupai laboratorium virtual (Tabel 2, Gambar 4 dan 5).

Fitur *Headology Game* menerapkan pendekatan *game-based learning* dengan interaksi berbasis ekspresi wajah. Sistem mengenali gerakan seperti membuka mulut, menyipitkan mata, atau memegang hidung pada berbagai level kecepatan. Terdapat tiga tingkat kesulitan yang memengaruhi durasi antarpertanyaan, di mana peningkatan level membuat sistem menampilkan soal dengan jeda yang semakin singkat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi ekspresi dengan baik pada level rendah hingga menengah, namun pada level tinggi beberapa gerakan wajah sulit terdeteksi karena kecepatan respon yang tinggi.

Kasus kesalahan umumnya terjadi pada ekspresi dengan intensitas gerakan rendah. Misalnya, pada pertanyaan “Bagian tubuh mana yang bisa dipakai untuk menjilat bibir?”, sistem mengonfirmasi jawaban “salah” ketika pengguna kurang menjulurkan lidah, karena deteksi lebih condong mengenali mulut terbuka (Tabel 3). Dari sisi tampilan dan pengalaman pengguna, antarmuka dirancang sederhana dan intuitif dengan kombinasi elemen visual, audio, dan gerak. Uji coba menunjukkan respon positif terhadap kemudahan navigasi serta kecepatan sistem dalam memberikan umpan balik. Secara keseluruhan, aplikasi pembelajaran berbasis *Computer Vision* ini menciptakan pengalaman belajar yang interaktif, kontekstual, dan multisensorik, serta mendukung pengembangan kemampuan kognitif dan psikomotorik siswa secara bersamaan.

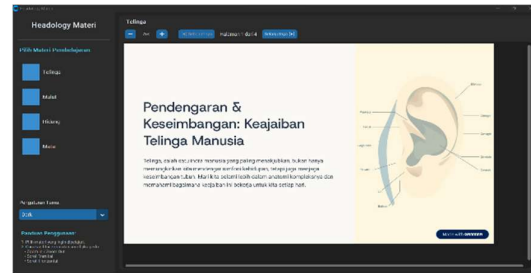
E. Fitur Materi Anatomi

Fitur materi anatomi dirancang untuk mendukung pembelajaran kognitif melalui tiga komponen utama, yaitu kuis interaktif, buku digital, dan video *learning* (Gambar 7). Pada kuis interaktif, pengguna menjawab soal pilihan ganda dengan batas waktu tertentu. Setelah waktu habis, sistem menampilkan skor dan pembahasan singkat, sehingga membantu melatih pemahaman konseptual serta kecepatan berpikir siswa. Buku digital menyajikan materi dalam format PDF interaktif yang dilengkapi gambar anatomi wajah, navigasi halaman, dan pengaturan tampilan, memudahkan siswa untuk belajar mandiri secara bertahap. Seluruh materi dapat dijalankan secara *offline* di versi desktop untuk mendukung kegiatan belajar di laboratorium komputer. Antarmuka dirancang sederhana dengan tata letak yang konsisten agar mudah dioperasikan oleh pengguna baru. Dengan integrasi ketiga komponen ini, fitur materi anatomi membantu siswa memahami teori anatomi wajah secara komprehensif sebelum beralih ke tahap praktikum interaktif.

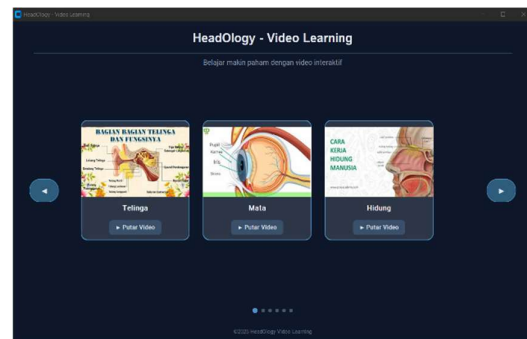
Pada bagian video *learning* menghadirkan pembelajaran melalui slider interaktif yang dapat diakses kapan saja. Konten video berisi narasi dan visualisasi anatomi 3D yang menjelaskan struktur wajah secara kontekstual, mendukung gaya belajar visual dan auditori. Fitur materi anatomi ini memungkinkan siswa memahami teori sebelum melakukan praktikum berbasis psikomotorik, sehingga proses belajar menjadi lebih menyeluruh, interaktif, dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna.



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Tampilan fitur materi anatomi: (a) kuis interaktif, (b) buku digital, (c) video *learning*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan aplikasi pembelajaran anatomi wajah interaktif berbasis *Computer Vision* dengan integrasi *MediaPipe Face Mesh* dan *Hand Tracking*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi gerakan wajah dan tangan secara real-time dengan akurasi yang baik. Fitur *Edu-Touch*, *3D Board*, dan *Headology Game* terbukti efektif dalam mendukung pembelajaran berbasis psikomotorik dengan pendekatan visual, auditori, dan kinestetik secara bersamaan. Aplikasi ini memberikan pengalaman belajar yang interaktif, kontekstual, serta berpotensi meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa dalam mempelajari anatomi wajah.

Selain itu, fitur materi anatomi yang mencakup kuis interaktif, buku digital, dan video learning turut memperkuat aspek kognitif dengan memberikan pembelajaran teori secara mandiri dan terstruktur. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan agar sistem ini dikembangkan lintas *platform* seperti *Android* dan *iOS* agar lebih mudah diakses oleh pengguna. Peningkatan akurasi deteksi *landmark* wajah dan tangan pada berbagai kondisi pencahayaan juga perlu dilakukan agar performa sistem lebih stabil. Selain itu, cakupan materi dapat diperluas hingga mencakup anatomi tubuh bagian lain untuk memperkaya konten pembelajaran. Integrasi dengan kurikulum sekolah juga disarankan agar aplikasi dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran formal, serta dilakukan uji coba lapangan yang lebih luas guna mengevaluasi efektivitas, kemudahan penggunaan, dan pengalaman pengguna secara menyeluruh.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Allaka and L. Awopetu, "Exploring the effects of technological innovations on elevating student learning, engagement, and workforce readiness in higher education business programs," *Journal of Education for Business*, vol. 100, no. 4, pp. 181–191, May 2025, doi: 10.1080/08832323.2025.2492019.

- [2] N. M. Hassan, "The Role of Technology in Modern Education: A Comparative Analysis of Benefits and Challenges," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 13, no. 11, pp. 460–463, Nov. 2024, doi: 10.21275/SR241029140949.
- [3] A. Uzorka and O. A. Odebiyi, "Impact of Digital Learning Tools on Student Engagement and Achievement," *JOURNAL OF DIGITAL LEARNING AND DISTANCE EDUCATION*, vol. 4, no. 1, pp. 1436–1445, Jun. 2025, doi: 10.56778/jdlde.v4i1.511.
- [4] D. Kurniawan, A. Husna, M. P. F. Nurlela, and M. N. Zufahmi, "Analisis Pengalaman Belajar Siswa Melalui Penerapan Pendekatan Pembelajaran Aktif, Inovatif, Kreatif, Dan Menyenangkan," *Jurnal Pengajaran Sekolah Dasar*, vol. 3, no. 1, pp. 27–35, Jun. 2024, doi: 10.56855/jpsd.v3i1.893.
- [5] G. P. Nainggolan, M. Purba, N. Aulia, Y. Sitanggang, and R. Yuni, "Persepsi Siswa terhadap Penggunaan Media Pembelajaran Video Animasi dalam Proses Pembelajaran di SMAN 18 Medan," *JOURNAL SAINS STUDENT RESEARCH*, vol. 3, no. 3, pp. 571–578, May 2025, doi: 10.61722/jssr.v3i3.4836.
- [6] M. Taşkın, "Artificial Intelligence in Personalized Education: Enhancing Learning Outcomes Through Adaptive Technologies and Data-Driven Insights," *Human Computer Interaction*, vol. 8, no. 1, pp. 173–173, 2024, doi: 10.62802/ygye0506.
- [7] A. S. Akintola, "Adaptive AI Systems in Education: Real-Time Personalised Learning Pathways for Skill Development," in *4th International Conference on AI ML, Data Science and Robotics*, United Research Forum, Nov. 2024, pp. 3–3. doi: 10.51219/URForum.2024.Akinyemi-Sadeeq-Akintola.
- [8] M. Pujowati, T. Suwarningsih, and E. O. Manalu, "Analisis Pemanfaatan AI-Based Learning Games dalam Meningkatkan Kreativitas dan Keterlibatan Siswa pada Pembelajaran Tematik di MTs DDI Entrop Kota Jayapura," *Jurnal Ekonomi, Pendidikan dan Perencanaan Pembangunan Daerah*, vol. 2, no. 2, pp. 1–5, Dec. 2024.
- [9] B. E. Sasongko, I. L. Harahap, and L. Herlina, "VIRTUAL REALITY: SEBUAH MODALITAS PELENGKAP EDUKASI ANATOMI," *Jurnal Midwifery Update (MU)*, vol. 5, no. 2, pp. 41–48, Oct. 2023, doi: 10.32807/jmu.v5i2.146.
- [10] A. K. Abdulsahib, R. Mohammed, A. L. Ahmed, and M. M. Jaber, "Artificial Intelligence based Computer Vision Analysis for Smart Education Interactive Visualization," *Fusion: Practice and Applications*, no. Issue 2, pp. 245–260, Jan. 2024, doi: 10.54216/FPA.150221.
- [11] K. Oqaidi, S. Aouhassi, and K. Mansouri, "How Does Computer Vision Reshape Higher Education? A Comprehensive Review," *Journal of Engineering Education Transformations*, pp. 180–194, Apr. 2025, doi: 10.16920/jeet/2024/v38i4/25106.
- [12] Y. Hu, Q. Li, and S. Hsu, "Interactive visual computer vision analysis based on artificial intelligence technology in intelligent education," *Neural Comput & Applic*, vol. 34, no. 12, pp. 9315–9333, Jun. 2022, doi: 10.1007/s00521-021-06285-z.
- [13] Sketchfab, "3D Model Repository for Face Anatomy Visualization," Sketchfab, Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://sketchfab.com/feed>
- [14] S. Sugeng and T. N. Nizar, "Deteksi Aktivitas Mata, Mulut Dan Kemiringan Kepala Sebagai Fitur Untuk Deteksi Kantuk Pada Pengendara Mobil," *Komputika*, vol. 12, no. 1, pp. 83–91, May 2023, doi: 10.34010/komputika.v12i1.9688.
- [15] Amanda Muchsin Chalik, Bilal Abdul Qowy, Faiz Hanafi, and Ahlijati Nuraminah, "Mouse Tracking Tangan dengan Klasifikasi Gestur Menggunakan OpenCV dan Mediapipe," *JUITIK*, vol. 1, no. 2, pp. 10–18, Jul. 2021, doi: 10.55606/juitik.v1i2.323.