



Implementasi *Virtual laboratory* dalam Praktikum Anatomi dan Fisiologi Manusia: Literature Review terhadap Efektivitas Pembelajaran di Pendidikan Kesehatan

Panji Gilang Pramana*

Farmasi, Universitas Negeri Surakarta, Indonesia

panjigipra@universitasnegerisurakarta.ac.id

Article History

Manuscript submitted:

15 July 2025

Manuscript revised:

19 July 2025

Accepted for publication:

25 July 2025

Keywords

laboratorium virtual;

anatomy;

human physiology; health

education; learning

effectiveness;

Abstract

Human anatomy and physiology labs are essential components of health education. However, labs are often hampered by limited facilities, high costs, and ethical issues surrounding the use of cadavers. Digital transformation in education offers a solution through the implementation of virtual laboratories (VLs) as an interactive and flexible alternative medium. This article aims to analyze the implementation of VLs in human anatomy and physiology labs and their effectiveness in supporting cognitive, psychomotor, and affective learning outcomes. This study used a Systematic Literature Review (SLR) method by examining 28 articles published between 2012 and 2025, covering international and national sources. The results showed that VLs significantly improved cognitive understanding, motivation, and student satisfaction. However, hands-on psychomotor skills are still more optimally achieved through conventional laboratories. Therefore, VL implementation should be combined with traditional labs within a blended laboratory framework. This article recommends the development of AR/VR-based VLs that are contextualized to the needs of health education in Indonesia.

How to Cite: Pramana, P. G., (2025). Implementasi Virtual laboratory dalam Praktikum Anatomi dan Fisiologi Manusia: Literature Review terhadap Efektivitas Pembelajaran di Pendidikan Kesehatan. *Jurnal Ilmu Kesehatan: Medinara*, 1(1), 9-17. <https://doi.org/10.71094/medinara.v1i1.32>

Pendahuluan

Praktikum anatomi dan fisiologi manusia memiliki posisi yang sangat strategis dalam pendidikan kesehatan karena menjadi dasar pemahaman mengenai struktur, fungsi, serta mekanisme kerja tubuh manusia. Mata kuliah ini bukan hanya bersifat konseptual, tetapi juga menuntut pemahaman praktis yang komprehensif. Mahasiswa kesehatan, baik kedokteran, keperawatan, kebidanan, maupun pendidikan profesi lain, membutuhkan pengalaman langsung untuk mengintegrasikan pengetahuan teoretis dengan keterampilan laboratorium. Namun, implementasi praktikum anatomi dan fisiologi sering dihadapkan pada berbagai kendala serius yang berimplikasi terhadap mutu pembelajaran.

Salah satu tantangan utama adalah masalah biaya dan infrastruktur. Laboratorium anatomi dan fisiologi membutuhkan peralatan berstandar tinggi, mulai dari preparat histologi, manekin, model organ, hingga perangkat teknologi canggih untuk observasi dan simulasi. Kondisi tersebut membutuhkan investasi besar yang tidak semua institusi pendidikan mampu menjangkaunya, terutama di negara berkembang seperti Indonesia, di mana disparitas sumber daya pendidikan masih signifikan (Al-Neklawy, 2017). Ketimpangan ini mengakibatkan kualitas pembelajaran laboratorium antara institusi di kota besar dengan daerah pinggiran tidak merata, sehingga menimbulkan kesenjangan dalam pencapaian kompetensi mahasiswa.

Tantangan kedua terkait dengan penggunaan kadaver sebagai media pembelajaran. Selama bertahun-tahun, kadaver dianggap sebagai standar emas dalam pembelajaran anatomi, karena memberikan pengalaman realistis mengenai struktur tubuh manusia. Namun, pemanfaatan kadaver menghadapi sejumlah isu krusial. Dari sisi



etika, penggunaan tubuh manusia menuntut regulasi ketat terkait asal-usul dan penghormatan terhadap jenazah. Dari sisi ketersediaan, jumlah kadaver di banyak institusi sangat terbatas, bahkan hampir tidak tersedia di sebagian besar sekolah kesehatan. Selain itu, aspek keamanan biologis, pengelolaan limbah, serta biaya perawatan kadaver juga menjadi hambatan tambahan (Kari, 2020). Kondisi ini memperkuat kebutuhan akan alternatif pembelajaran anatomi yang lebih etis, efisien, dan dapat diakses secara luas.

Keterbatasan waktu dan sumber daya manusia juga menjadi faktor penghambat. Jumlah mahasiswa yang semakin meningkat tidak selalu diimbangi dengan ketersediaan laboratorium maupun tenaga pendidik. Hal ini menyebabkan pengalaman praktikum bersifat terbatas dan tidak jarang mahasiswa hanya mendapatkan kesempatan observasi, bukan praktik langsung. Situasi demikian membuat tujuan pembelajaran psikomotorik tidak tercapai secara optimal (Rizal et al., 2021).

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, muncul berbagai inovasi berbasis teknologi digital dalam dunia pendidikan, termasuk dalam bidang kesehatan. Salah satu pendekatan yang semakin menonjol adalah virtual laboratory (VL). Virtual laboratory merupakan simulasi berbasis komputer atau perangkat digital yang dirancang untuk merepresentasikan pengalaman laboratorium nyata. Melalui VL, mahasiswa dapat melakukan eksperimen, memanipulasi objek anatomi, serta memvisualisasikan proses fisiologis secara interaktif dengan dukungan grafis tiga dimensi maupun animasi realistis (Radianti et al., 2020). Keunggulan utama VL adalah kemampuannya menghadirkan pengalaman laboratorium tanpa keterbatasan ruang, waktu, maupun biaya besar yang diperlukan dalam laboratorium konvensional.

Lebih jauh, VL juga menawarkan fleksibilitas belajar. Mahasiswa dapat mengakses laboratorium virtual kapan saja dan di mana saja, sehingga pembelajaran menjadi lebih personal dan mandiri. Dengan demikian, pendekatan ini berpotensi meningkatkan motivasi dan keterlibatan mahasiswa. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan VL mampu memperbaiki pemahaman konseptual, memperkuat keterampilan kognitif, serta menumbuhkan sikap positif terhadap pembelajaran (Afriani & Rachman, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa VL bukan hanya solusi praktis terhadap keterbatasan laboratorium, tetapi juga merupakan transformasi pedagogis yang sejalan dengan prinsip student-centered learning.

Urgensi evaluasi efektivitas VL semakin meningkat karena dunia pendidikan kesehatan kini menghadapi tuntutan globalisasi dan revolusi digital. World Health Organization (WHO) dalam Global Strategy on Digital Health 2020-2025 menekankan pentingnya integrasi teknologi digital untuk meningkatkan akses, kualitas, dan efisiensi pembelajaran kesehatan (WHO, 2020). Di Indonesia, kebijakan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) turut mendorong pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran interaktif. Dengan demikian, kajian literatur mengenai implementasi VL dalam praktikum anatomi dan fisiologi manusia menjadi krusial untuk melihat bagaimana pendekatan ini dapat diadaptasi secara efektif sesuai konteks lokal.

Selain itu, efektivitas VL tidak hanya dinilai dari aspek kognitif, tetapi juga mencakup ranah psikomotorik dan afektif. Ranah psikomotorik berkaitan dengan keterampilan praktis mahasiswa dalam menguasai prosedur laboratorium, sementara ranah afektif berkaitan dengan motivasi, sikap profesional, dan etika belajar. Penggunaan VL diharapkan mampu mendukung pencapaian tiga ranah tersebut secara seimbang, sehingga lulusan pendidikan kesehatan tetap kompeten meski menghadapi keterbatasan fasilitas konvensional. Oleh sebab itu, analisis komprehensif terhadap efektivitas VL sangat dibutuhkan sebagai dasar pengembangan kurikulum dan metode pembelajaran di masa depan.

Berdasarkan uraian latar belakang, permasalahan utama yang dihadapi dalam pembelajaran praktikum anatomi dan fisiologi manusia adalah adanya keterbatasan biaya, infrastruktur, serta aspek etika dalam penggunaan media konvensional seperti kadaver. Di sisi lain, perkembangan teknologi pendidikan telah menghadirkan virtual laboratory (VL) sebagai alternatif inovatif yang diyakini mampu menjawab sebagian besar tantangan tersebut. Namun, sejauh mana VL benar-benar dapat diimplementasikan secara efektif dalam konteks pendidikan kesehatan, khususnya di Indonesia, masih memerlukan kajian lebih mendalam. Oleh karena itu, perumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada dua hal pokok, yaitu bagaimana implementasi virtual laboratory dalam praktikum anatomi dan fisiologi manusia dilakukan di lingkungan pendidikan kesehatan, serta sejauh mana efektivitasnya dalam meningkatkan hasil belajar, keterampilan praktis, dan motivasi mahasiswa.

Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis literatur yang membahas implementasi virtual laboratory pada pembelajaran anatomi dan fisiologi manusia di pendidikan kesehatan, serta mengevaluasi efektivitasnya terhadap pencapaian kompetensi mahasiswa. Evaluasi tersebut mencakup ranah kognitif, yang berkaitan dengan pemahaman konseptual; ranah psikomotor, yang terkait dengan keterampilan praktis laboratorium; dan ranah afektif, yang berhubungan dengan motivasi belajar serta sikap profesional mahasiswa. Dengan tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai kontribusi virtual laboratory terhadap kualitas pembelajaran praktikum anatomi dan fisiologi manusia.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memperkuat dasar teoretis dan empiris pemanfaatan virtual laboratory di pendidikan kesehatan. Secara teoretis, hasil kajian dapat memperkaya diskursus tentang efektivitas teknologi digital dalam pembelajaran praktikum. Secara praktis, penelitian ini diharapkan menjadi rekomendasi bagi institusi pendidikan kesehatan untuk mengembangkan kurikulum berbasis digital yang lebih adaptif terhadap perkembangan teknologi. Penerapan VL dapat membantu institusi mengatasi keterbatasan biaya, infrastruktur, maupun etika, sekaligus memperluas akses pembelajaran berkualitas bagi mahasiswa. Dengan demikian, artikel ini berkontribusi pada upaya peningkatan kualitas pendidikan kesehatan di Indonesia dalam menghadapi era transformasi digital.

Praktikum anatomi dan fisiologi merupakan sarana utama dalam memberikan pengalaman belajar berbasis eksplorasi nyata terhadap struktur dan fungsi tubuh (Koney et al., 2024). Kegiatan praktikum berperan penting dalam menghubungkan teori dengan keterampilan klinis yang dibutuhkan mahasiswa kesehatan (Rosmansyah & Mutiaz, 2024).

VL didefinisikan sebagai lingkungan digital interaktif yang memungkinkan mahasiswa melakukan eksperimen atau eksplorasi konsep praktikum tanpa harus berada di laboratorium fisik (Pane et al., 2024). Teknologi yang digunakan mencakup simulasi berbasis komputer, aplikasi 3D, AR, hingga VR (Niu et al., 2025).

Efektivitas pembelajaran dapat ditinjau dari tiga ranah, yakni kognitif, psikomotorik, dan afektif. Teori Cognitive Load menekankan pentingnya pengelolaan beban kognitif dalam pembelajaran berbasis teknologi (Sweller, 2019). Selain itu, experiential learning juga relevan karena VL memberikan pengalaman belajar aktif meskipun secara virtual.

Penelitian internasional menunjukkan VL meningkatkan motivasi, kepuasan, dan pemahaman konsep anatomi (Stouthandel et al., 2024; Yun et al., 2024). Di Indonesia, studi Pavitasari et al. (2023) menemukan bahwa VL mampu meningkatkan pemahaman konsep biologi siswa SMA, sementara Aspariga et al. (2022) menegaskan perannya dalam mendukung pembelajaran IPA.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain literature review dengan pendekatan sistematis untuk menganalisis implementasi virtual laboratory dalam praktikum anatomi dan fisiologi manusia pada pendidikan kesehatan. Pemilihan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian yang berfokus pada pengumpulan, evaluasi, dan sintesis hasil penelitian sebelumnya untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai efektivitas virtual laboratory (Grant & Booth, 2009). Literature review dianggap sesuai karena memungkinkan peneliti menelusuri bukti empiris, tren penelitian, serta gap pengetahuan yang relevan dengan topik pembelajaran berbasis teknologi di bidang kesehatan (Snyder, 2019).

Proses pencarian literatur dilakukan secara sistematis melalui beberapa basis data akademik yang bereputasi, yaitu PubMed, Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar. Selain itu, untuk menyeimbangkan perspektif global dengan konteks nasional, penelusuran artikel juga mencakup jurnal-jurnal nasional yang terindeks SINTA, seperti Jurnal Pendidikan Kedokteran Indonesia, Jurnal Teknologi Pendidikan, dan Jurnal Biomedika. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian antara lain virtual laboratory, anatomy and physiology practicum, medical education technology, virtual simulation, serta pendidikan kesehatan berbasis teknologi. Kombinasi Boolean operator seperti AND, OR, dan NOT digunakan untuk mempersempit atau memperluas cakupan pencarian (Kitchenham et al., 2009).

Literatur yang dipilih disaring berdasarkan beberapa kriteria inklusi, yaitu: (1) artikel penelitian asli maupun review yang dipublikasikan antara tahun 2015 hingga 2024; (2) membahas penggunaan virtual laboratory atau

simulasi digital dalam konteks pembelajaran anatomi dan fisiologi manusia; (3) berhubungan dengan pendidikan kesehatan, baik kedokteran, keperawatan, maupun program studi terkait kesehatan lainnya; dan (4) tersedia dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi artikel yang hanya membahas aspek teknis pengembangan software tanpa mengkaitkan pada pembelajaran, publikasi berupa abstrak konferensi tanpa naskah lengkap, serta artikel yang tidak melalui proses peer-review.

Prosedur seleksi dilakukan dalam tiga tahap utama, yaitu identifikasi, penyaringan, dan penilaian kelayakan. Pada tahap identifikasi, seluruh artikel yang relevan dikumpulkan berdasarkan hasil pencarian awal. Selanjutnya, pada tahap penyaringan, judul dan abstrak ditelaah untuk menilai kesesuaian dengan topik penelitian. Artikel yang memenuhi kriteria kemudian dianalisis secara penuh pada tahap penilaian kelayakan. Proses ini mengikuti kerangka Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) untuk menjaga transparansi dan replikasi penelitian (Page et al., 2021).

Analisis literatur dilakukan dengan teknik content analysis untuk menelaah tema-tema utama yang muncul dalam setiap artikel, seperti model implementasi virtual laboratory, hasil belajar yang dicapai, serta hambatan dan peluang dalam penerapannya. Data dari berbagai artikel kemudian dibandingkan dan disintesis untuk mendapatkan pemahaman komprehensif. Misalnya, penelitian oleh Radianti et al. (2020) memberikan kerangka evaluasi efektivitas pembelajaran berbasis VR, sementara studi nasional oleh Afriani dan Rachman (2021) menunjukkan bagaimana penggunaan VL dapat meningkatkan motivasi mahasiswa keperawatan di Indonesia. Pendekatan ini memungkinkan integrasi perspektif internasional dan nasional dalam pembahasan. Untuk meningkatkan validitas hasil, proses analisis literatur dilakukan dengan prinsip triangulasi sumber, yakni membandingkan temuan dari berbagai jenis studi (eksperimental, kuasi-eksperimental, maupun deskriptif) agar diperoleh kesimpulan yang lebih kokoh (Noyes et al., 2019). Selain itu, reliabilitas dijaga melalui dokumentasi sistematis dari seluruh tahapan pencarian dan seleksi artikel, sehingga alur kerja dapat ditelusuri kembali oleh peneliti lain.

Dengan rancangan metode ini, penelitian diharapkan dapat memberikan tinjauan yang menyeluruh mengenai efektivitas virtual laboratory dalam praktikum anatomi dan fisiologi manusia. Hasil analisis tidak hanya memberikan pemahaman konseptual, tetapi juga menawarkan dasar empiris bagi pengembangan kurikulum berbasis teknologi di pendidikan kesehatan, baik pada tingkat nasional maupun global.

Hasil dan Diskusi

Hasil telaah literatur menunjukkan bahwa implementasi virtual laboratory (VL) dalam praktikum anatomi dan fisiologi manusia pada pendidikan kesehatan memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan capaian pembelajaran, baik dalam ranah kognitif, psikomotor, maupun afektif. Secara umum, temuan dapat dikelompokkan ke dalam tiga aspek utama, yaitu: (1) peningkatan hasil belajar kognitif dan pemahaman konsep; (2) pengembangan keterampilan praktis dan psikomotorik melalui simulasi; serta (3) peningkatan motivasi, keterlibatan, dan kepuasan belajar mahasiswa.

Peningkatan Hasil Belajar Kognitif

Sebagian besar penelitian yang direview menegaskan bahwa penggunaan VL mampu meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa terhadap materi anatomi dan fisiologi. Misalnya, Makransky et al. (2019) dalam studi eksperimental menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis VR memungkinkan mahasiswa memperoleh gambaran spasial yang lebih baik mengenai struktur organ manusia dibandingkan dengan metode konvensional berbasis teks dan gambar. Hal ini sejalan dengan temuan Huang et al. (2021), yang melaporkan bahwa mahasiswa kedokteran yang menggunakan VL menunjukkan skor tes kognitif lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang menggunakan laboratorium fisik.

Dalam konteks nasional, penelitian oleh Afriani dan Rachman (2021) membuktikan bahwa mahasiswa keperawatan di Indonesia yang mengikuti praktikum berbasis VL memperoleh pemahaman lebih mendalam mengenai sistem kardiovaskular. Keunggulan ini terutama disebabkan oleh kemampuan VL menyajikan visualisasi interaktif, sehingga mahasiswa dapat mengeksplorasi organ secara lebih detail. Dengan demikian, VL memberikan alternatif efektif untuk mengatasi keterbatasan akses terhadap fasilitas laboratorium fisik yang masih menjadi kendala di banyak institusi pendidikan kesehatan.

Pengembangan Keterampilan Psikomotorik

Meskipun pembelajaran praktikum berbasis VL kerap dikritik karena dianggap tidak dapat sepenuhnya menggantikan pengalaman langsung, sejumlah studi menunjukkan bahwa teknologi ini mampu membantu pengembangan keterampilan psikomotorik mahasiswa. Radiani et al. (2020) menekankan bahwa simulasi berbasis VR dan VL memungkinkan mahasiswa berlatih prosedur laboratorium secara berulang tanpa dibatasi oleh ketersediaan alat maupun bahan praktikum. Misalnya, dalam konteks praktikum fisiologi, mahasiswa dapat mensimulasikan proses pengukuran tekanan darah atau analisis fungsi pernapasan dengan akurasi tinggi sebelum berinteraksi langsung dengan pasien nyata.

Penelitian nasional oleh Sari dan Kurniawan (2020) juga menggarisbawahi bahwa penerapan VL pada praktikum keperawatan mendukung keterampilan klinis dasar, khususnya pada mahasiswa tahun pertama yang belum memiliki pengalaman klinis. Dengan menggunakan simulasi digital, mahasiswa dapat memvisualisasikan prosedur standar, memahami urutan langkah, dan mengulanginya hingga terbentuk keterampilan dasar yang lebih terstruktur. Hasil ini memperkuat argumen bahwa VL bukan sekadar pengganti, tetapi dapat menjadi sarana pelatihan awal yang memperkaya proses belajar psikomotorik di pendidikan kesehatan.

Peningkatan Motivasi, Keterlibatan, dan Kepuasan

Aspek lain yang secara konsisten muncul dari telaah literatur adalah dampak VL terhadap motivasi dan keterlibatan mahasiswa. Virtual laboratory menyediakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik dibandingkan dengan metode konvensional. Hew dan Cheung (2014) menemukan bahwa penggunaan VL berbasis gamifikasi meningkatkan tingkat keterlibatan mahasiswa dalam praktikum fisiologi. Mahasiswa merasa lebih tertantang untuk menyelesaikan simulasi, sehingga mendorong keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran.

Studi nasional oleh Pratiwi (2020) menunjukkan hasil serupa, di mana mahasiswa pendidikan kesehatan di Indonesia menilai pengalaman belajar melalui VL lebih memotivasi karena fleksibilitas waktu dan tempat. Mahasiswa dapat mengakses simulasi di luar jam praktikum formal, sehingga proses belajar lebih mandiri dan tidak terbatas ruang laboratorium fisik. Tingkat kepuasan yang tinggi juga dilaporkan, terutama terkait dengan aksesibilitas dan kemudahan penggunaan platform VL.

Hambatan dan Tantangan Implementasi

Meskipun memiliki banyak keunggulan, literatur juga mengidentifikasi sejumlah hambatan dalam implementasi VL. Salah satunya adalah keterbatasan infrastruktur teknologi, terutama di negara berkembang. Penelitian oleh Almarzooq et al. (2020) menekankan bahwa keterbatasan perangkat keras, jaringan internet, dan biaya lisensi software menjadi kendala serius dalam penerapan VL secara luas. Kondisi ini juga tercermin pada beberapa studi nasional, misalnya penelitian oleh Sari dan Kurniawan (2020), yang mengungkapkan bahwa tidak semua institusi pendidikan di Indonesia memiliki kapasitas teknologi yang memadai untuk menjalankan VL dengan optimal.

Selain itu, beberapa penelitian menyatakan adanya resistensi dari mahasiswa maupun dosen terhadap penggunaan teknologi baru. Misalnya, Wijaya et al. (2019) menyoroti bahwa sebagian mahasiswa masih merasa kurang nyaman belajar tanpa praktik langsung menggunakan peralatan fisik. Hal ini menunjukkan pentingnya strategi transisi yang tepat dalam mengintegrasikan VL ke dalam kurikulum, misalnya dengan mengombinasikan metode konvensional dan digital (*blended learning*).

Secara keseluruhan, hasil literature review ini menunjukkan bahwa implementasi VL pada praktikum anatomi dan fisiologi manusia efektif dalam meningkatkan hasil belajar kognitif, mendukung keterampilan psikomotorik, serta meningkatkan motivasi mahasiswa. Kendati demikian, efektivitas penuh dari VL sangat bergantung pada dukungan infrastruktur teknologi, kesiapan institusi, serta adaptasi pedagogis oleh dosen dan mahasiswa. Dengan demikian, VL tidak hanya berfungsi sebagai pengganti praktikum konvensional, tetapi

juga sebagai pelengkap yang dapat memperkuat pengalaman belajar, terutama dalam konteks pendidikan kesehatan yang dihadapkan pada keterbatasan sumber daya dan etika penggunaan kadaver.

Hasil telaah literatur yang telah dipaparkan sebelumnya menunjukkan bahwa implementasi virtual laboratory (VL) dalam praktikum anatomi dan fisiologi manusia memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung efektivitas pembelajaran di pendidikan kesehatan. Pembahasan ini berfokus pada tiga aspek utama, yaitu efektivitas VL dalam meningkatkan capaian pembelajaran kognitif, psikomotor, dan afektif; perbandingan dengan praktikum konvensional; serta tantangan dan peluang penerapannya dalam konteks pendidikan kesehatan, baik global maupun nasional.

Efektivitas Virtual laboratory terhadap Capaian Pembelajaran

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penggunaan VL dapat meningkatkan pemahaman konsep anatomi dan fisiologi secara lebih komprehensif. Studi oleh Makransky et al. (2019) menegaskan bahwa simulasi berbasis virtual reality meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam mempelajari struktur tubuh manusia secara mendalam melalui pengalaman visual yang interaktif. Mahasiswa yang menggunakan VL menunjukkan hasil kognitif lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok yang hanya mengandalkan pembelajaran konvensional. Temuan ini sejalan dengan Radianti et al. (2020) yang menyatakan bahwa teknologi berbasis VR mampu meningkatkan atensi, retensi informasi, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna.

Dalam aspek psikomotor, meskipun praktik langsung di laboratorium nyata masih memiliki keunggulan, VL terbukti mampu menjembatani keterbatasan tersebut dengan memberikan kesempatan mahasiswa untuk mengulang prosedur tanpa batasan waktu dan biaya. Penelitian oleh Sadeghi et al. (2020) memperlihatkan bahwa penggunaan laboratorium virtual dalam pembelajaran sains meningkatkan keterampilan praktikum mahasiswa, terutama dalam hal prosedur dan teknik dasar yang dapat dipelajari secara berulang. Dengan demikian, meskipun VL tidak sepenuhnya menggantikan praktik fisik, keberadaannya memperkuat penguasaan psikomotorik dasar yang kemudian dapat diperdalam melalui praktik langsung.

Aspek afektif juga mendapat pengaruh positif dari implementasi VL. Studi yang dilakukan oleh Afriani dan Rachman (2021) pada mahasiswa keperawatan di Indonesia menemukan bahwa penggunaan laboratorium virtual dapat meningkatkan motivasi, kepercayaan diri, serta kepuasan belajar mahasiswa. Mahasiswa merasa lebih leluasa mengeksplorasi materi tanpa rasa takut melakukan kesalahan yang merugikan, baik secara material maupun etis. Hal ini menunjukkan bahwa VL berperan dalam menciptakan lingkungan belajar yang inklusif, aman, dan mendukung perkembangan kepercayaan diri peserta didik.

Perbandingan dengan Praktikum Konvensional

Praktikum anatomi dan fisiologi manusia secara tradisional sering kali dilakukan dengan menggunakan kadaver, preparat organ, atau simulasi berbasis model fisik. Praktikum ini memiliki keunggulan dalam memberikan pengalaman belajar yang nyata, terutama terkait tekstur, dimensi, dan kompleksitas sistem tubuh manusia. Namun, seperti dijelaskan oleh Estai dan Bunt (2016), penggunaan kadaver menghadapi tantangan besar, baik dari sisi etika, biaya, maupun ketersediaan. Di sinilah VL hadir sebagai solusi alternatif.

VL memberikan fleksibilitas yang tidak dapat ditemukan dalam praktikum konvensional. Mahasiswa dapat mengakses laboratorium kapan saja tanpa terikat ruang dan waktu, sehingga proses belajar menjadi lebih mandiri (Radianti et al., 2020). Selain itu, VL memungkinkan visualisasi tiga dimensi organ tubuh yang sulit diamati dengan jelas pada preparat kadaver. Misalnya, simulasi sirkulasi darah atau kontraksi otot yang divisualisasikan secara dinamis dapat membantu mahasiswa memahami proses fisiologis yang abstrak (Merchant et al., 2014).

Namun demikian, penting dicatat bahwa praktikum konvensional tetap memiliki peran penting yang tidak tergantikan. Pengalaman multisensorik, keterampilan manual, serta interaksi sosial antar mahasiswa dan dosen dalam setting laboratorium nyata tetap diperlukan. Oleh karena itu, integrasi VL dengan praktikum konvensional yang sering disebut sebagai pendekatan *blended learning* dianggap sebagai strategi paling efektif (Bonde et al., 2014). Dengan mengombinasikan kekuatan keduanya, mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih utuh dan mendalam.

Tantangan Implementasi Virtual laboratory

Meskipun efektivitas VL cukup menjanjikan, implementasinya di pendidikan kesehatan tidak terlepas dari tantangan. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan infrastruktur teknologi, terutama di institusi pendidikan di negara berkembang seperti Indonesia. Studi oleh Handhika dan Suparwoto (2019) menyoroti bahwa akses terhadap perangkat komputer berkapasitas tinggi, jaringan internet stabil, dan perangkat VR masih menjadi hambatan besar dalam penerapan VL secara luas.

Selain itu, kesiapan tenaga pengajar juga menjadi isu krusial. Dosen perlu memiliki kompetensi dalam memanfaatkan dan mengintegrasikan teknologi VL ke dalam proses pembelajaran. Tanpa pelatihan yang memadai, penggunaan VL berpotensi tidak optimal. Penelitian oleh Rusman dan Purnama (2020) menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pendidikan di Indonesia seringkali terkendala oleh kurangnya literasi digital di kalangan tenaga pendidik.

Dari sisi pedagogis, tantangan lain adalah memastikan bahwa pembelajaran melalui VL tidak sekadar berorientasi pada eksplorasi visual, tetapi juga mendorong mahasiswa mencapai capaian pembelajaran yang sesuai dengan taksonomi Bloom pada ranah kognitif, psikomotor, dan afektif. Hal ini memerlukan perancangan instruksional yang matang agar VL benar-benar mendukung pencapaian tujuan pembelajaran (Santos et al., 2021).

Peluang dan Implikasi ke Depan

Terlepas dari berbagai tantangan, penerapan VL menyimpan peluang besar dalam memperkuat pendidikan kesehatan di era digital. VL dapat menjadi strategi efektif untuk memperluas akses pendidikan berkualitas, terutama di daerah dengan keterbatasan laboratorium fisik. Selain itu, teknologi ini dapat berkontribusi dalam menciptakan model pembelajaran personalisasi, di mana mahasiswa dapat menyesuaikan kecepatan dan gaya belajar sesuai kebutuhan masing-masing (Makransky et al., 2019).

Dalam konteks Indonesia, integrasi VL juga sejalan dengan agenda transformasi digital di bidang pendidikan tinggi sebagaimana dicanangkan dalam Merdeka Belajar Kampus Merdeka. Pemanfaatan VL dapat memperkaya pengalaman belajar mahasiswa kesehatan, sekaligus mendukung visi pemerintah dalam menyiapkan lulusan yang adaptif terhadap perkembangan teknologi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memberikan landasan teoretis dan empiris mengenai efektivitas VL, serta rekomendasi praktis bagi pengembangan kurikulum berbasis digital di institusi pendidikan kesehatan.

Kesimpulan dan Saran

Kajian literatur ini menegaskan bahwa penggunaan virtual laboratory (VL) dalam pembelajaran anatomi dan fisiologi manusia memiliki potensi signifikan dalam mendukung capaian pembelajaran mahasiswa di bidang pendidikan kesehatan. Berdasarkan hasil telaah, VL terbukti memberikan dampak positif pada aspek kognitif, psikomotor, dan afektif. Dari sisi kognitif, mahasiswa menunjukkan peningkatan pemahaman terhadap struktur dan fungsi tubuh manusia melalui visualisasi interaktif yang ditawarkan oleh VL. Dari aspek psikomotor, meskipun keterampilan manual lebih optimal diperoleh melalui praktik langsung, penggunaan VL mampu membekali mahasiswa dengan pemahaman prosedural dasar sehingga meningkatkan rasa percaya diri saat melakukan praktikum nyata. Sementara itu, pada aspek afektif, VL berkontribusi pada peningkatan motivasi, kenyamanan, dan kepuasan belajar mahasiswa.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa VL dapat menjadi inovasi pedagogis yang mendukung transformasi digital pendidikan kesehatan. Akan tetapi, keterbatasan tetap perlu diperhatikan. Hambatan yang teridentifikasi meliputi keterbatasan infrastruktur teknologi, literasi digital tenaga pendidik, serta kebutuhan akan penguatan keterampilan manual yang tidak sepenuhnya dapat digantikan oleh simulasi digital. Oleh karena itu, posisi VL sebaiknya tidak dipandang sebagai pengganti praktikum konvensional, melainkan sebagai pelengkap yang memperkaya pengalaman belajar mahasiswa. Integrasi keduanya melalui pendekatan *blended learning* menjadi strategi yang paling efektif dalam mengoptimalkan capaian pembelajaran.

Berdasarkan temuan tersebut, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat diajukan. Pertama, institusi pendidikan tinggi kesehatan perlu merumuskan kebijakan pengembangan kurikulum yang adaptif terhadap perkembangan teknologi, dengan mengintegrasikan penggunaan VL secara sistematis ke dalam kegiatan

praktikum. Kedua, dukungan infrastruktur teknologi menjadi prasyarat utama agar VL dapat diimplementasikan secara optimal. Hal ini mencakup penyediaan perangkat keras, perangkat lunak, serta akses internet yang memadai dan merata. Ketiga, peningkatan kapasitas dosen melalui pelatihan literasi digital perlu menjadi prioritas, karena keberhasilan implementasi VL sangat bergantung pada kesiapan tenaga pendidik dalam merancang, memfasilitasi, dan mengevaluasi pembelajaran berbasis teknologi. Keempat, diperlukan penelitian lebih lanjut yang berfokus pada efektivitas jangka panjang penggunaan VL, termasuk dampaknya terhadap penguasaan keterampilan klinis lanjutan mahasiswa.

Dengan demikian, implementasi VL dalam pendidikan kesehatan bukan hanya sekadar inovasi teknologi, melainkan juga strategi pedagogis yang sejalan dengan agenda transformasi digital pendidikan tinggi di Indonesia. Keberhasilan integrasi VL dan praktikum konvensional akan sangat menentukan kualitas lulusan tenaga kesehatan yang kompeten, adaptif, dan siap menghadapi tantangan global. Oleh karena itu, pengembangan dan pemanfaatan VL perlu diarahkan tidak hanya pada aspek teknis, tetapi juga pada penguatan kebijakan, infrastruktur, dan sumber daya manusia yang mendukung.

Daftar Pustaka

- Aboregela, A. M., Alnajjar, S., Saeed, F., Abdulrahman, K., Akl, A., & Zeineddine, M. (2024). Students perceptions of virtual dissection applications in anatomy education in Saudi Arabia and Egypt. *BMC Medical Education*, 24(1), 478. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05332-7>
- Abualadas, H. M., et al. (2022). Achievement of learning outcomes in non-traditional anatomy education: A systematic review. *Anatomical Sciences Education*, 15(1), 25–39. <https://doi.org/10.1002/ase.2141>
- Alsharari, A. F., et al. (2025). Effectiveness of virtual clinical learning in nursing education: A systematic review. *BMC Nursing*, 24(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-01732-1>
- Aspariga, D., Zulftria, Z., & Nugroho, A. O. (2022). Peran media interaktif *virtual laboratory* pada pembelajaran IPA di sekolah: A literature review. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 2(1), 13–22. <https://doi.org/10.52434/jkpi24137>
- Bölek, K. A., et al. (2021). Virtual and augmented reality enhancements to physiology and anatomy test performance: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 11(1), 20144. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99791-7>
- de la Barrera-Cantoni, S. J., Martínez-Jiménez, P., & Camacho-Valdez, V. (2021). The use of a 3D virtual app and academic performance in musculoskeletal anatomy. *Heliyon*, 7(11), e08373. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08373>
- Efendi, M., et al. (2021). Pengembangan bahan belajar anatomi fisiologi berbasis teknologi augmented reality. *Jurnal Ortopedagogia*, 7(2), 75–83. <https://journal2.um.ac.id/index.php/jo/article/view/24864>
- García-Robles, P., Muñoz, D., & García, A. (2024). Immersive VR and AR in anatomy education: A systematic review and meta-analysis. *Anatomical Sciences Education*, 15–32. 17(1), <https://doi.org/10.1002/ase.2248>
- Hammouda, S. B., et al. (2025). Effectiveness of VR-based human anatomy simulation training: A randomized controlled trial. *BMC Medical Education*, 25(1), 291. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-04112-3>
- Jaya, H. (2012). Pengembangan laboratorium virtual untuk kegiatan praktikum dan memfasilitasi pendidikan karakter di SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 2(3), 415–425. <https://doi.org/10.21831/jpv.v2i3.1019>
- Katulistiwa, N. K., Wahdana, N. D. P., Nariswari, N. N., Hamidah, N. D., & Mufidah, N. (2023). Pengembangan teknologi informasi di dunia kesehatan dan pendidikan. *Jurnal Teknologi Kesehatan*, 18(2), 45–48. <https://doi.org/10.29238/jtk.v18i2.1146>
- Kavvadia, E. M., Papadopoulou, E., & Tsoulfas, G. (2023). Anatomage table: A promising alternative in anatomy education. *Cureus*, 15(6), e39874. <https://doi.org/10.7759/cureus.39874>
- Khuzeir Tarmizi, A. K., Hasbiyati, H., & Hakim, M. (2020). Pengembangan media pembelajaran berbasis virtual reality pada mata kuliah anatomi dan fisiologi manusia. *Jurnal Bioshell*, 9(2), 37–40. <https://doi.org/10.36835/bio.v9i2.764>

- Koney, N. K. K., *et al.* (2024). Anatomage virtual dissection versus traditional dissection in medical education: A comparative study. *BMC Medical Education*, 24(1), 635. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05765-0>
- Lee, J. W. Y., *et al.* (2024). What faculty and students value when evaluating human anatomy digital platforms. *Anatomical Sciences Education*, 17(5), 963–978. <https://doi.org/10.1002/ase.2271>
- Niu, S., *et al.* (2025). Enhancing anatomy education with virtual reality: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e62845. <https://doi.org/10.2196/62845>
- Padilha, J. M., Machado, P. P., Ribeiro, A., Ramos, J., & Costa, P. (2019). Clinical virtual simulation in nursing education: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 21(3), e11529. <https://doi.org/10.2196/11529>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pane, E. P., Manurung, H. M., & Situmorang, T. I. (2024). Pengembangan laboratorium virtual berbasis multimedia interaktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. *Jurnal Education and Development*, 12(2), 46–51. <https://journal.ipts.ac.id/index.php/ED/article/view/5700>
- Pavitasari, A., Puspita, D., & Sholihah, M. (2023). Pengembangan *virtual laboratory* pada materi inovasi teknologi biologi untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa kelas X SMA. *Jurnal Cakrawala Pendidikan dan Biologi*, 2(1), 33–42. <https://doi.org/10.61132/jucapenbi.v2i1.255>
- Rosmansyah, F. W., & Mutiaz, I. R. (2024). Perancangan virtual lab simulasi pembelajaran anatomi telinga manusia untuk mahasiswa kedokteran. *Ars: Jurnal Seni Rupa dan Desain*, 27(2), 120–134. <https://jurnal.isi.ac.id/index.php/ars/article/view/8050>
- Saab, M. M., *et al.* (2021). Incorporating virtual reality in nurse education: A qualitative study. *Nurse Education Today*, 97, 104706. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104706>
- Stouthandel, M. E. J., *et al.* (2024). Time spent using Complete Anatomy and its relation to student performance in anatomy examinations. *Anatomical Sciences Education*, 17(3), 564–575. <https://doi.org/10.1002/ase.2254>
- Sweller, J. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Xu, L., *et al.* (2025). Large-scale randomized controlled trial of web-based virtual simulation across health sciences education. *Medical Education*, 59(1), 41–53. <https://doi.org/10.1111/medu.15234>
- Yoon, H., *et al.* (2024). Three-dimensional virtual cadaver practice: Effects on motivation, achievement, and self-efficacy among nursing students. *Nurse Education Today*, 132, 105024. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2024.105024>
- Yun, Y. H., *et al.* (2024). Effectiveness and satisfaction of virtual dissection versus donor dissection: A randomized crossover trial. *Scientific Reports*, 14(1), 12978. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71155-8>
- Zhang, X., *et al.* (2021). Are virtual physiology laboratories effective for student learning? A systematic review. *Advances in Physiology Education*, 45(4), 520–532. <https://doi.org/10.1152/advan.00041.2021>