

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN ANATOMI KADAVER DAN DIGITAL TERHADAP RETENSI PENGETAHUAN : *SYSTEMATIC REVIEW*

Irsandi Rizki Farmananda^{1*}, Muhammad Ashhabul Kahfi Mathar², Deny Sutrisna Wiatma³, Irmawan Farindra⁴, Warda Elmaida Rusdi⁵

Departmen Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Al-Azhar^{1,2,3}, Departmen Anatomi dan Histologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya⁴, Departmen Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya⁵

*Corresponding Author : irsandi@unizar.ac.id

ABSTRAK

Pembelajaran anatomi dalam pendidikan ilmu kesehatan yang membentuk dasar bagi diagnosis penyakit, interpretasi pencitraan medis, dan perencanaan intervensi medis, saat ini menghadapi tantangan keterbatasan kadaver dan biaya tinggi, mendorong eksplorasi pembelajaran anatomi digital sebagai alternatif. Penelitian ini mencari bukti ilmiah mengenai efektivitas pembelajaran anatomi berbasis kadaver dibandingkan pembelajaran anatomi digital terhadap retensi pengetahuan dan pemahaman spasial pada mahasiswa ilmu kesehatan. *Systematic review* mengikuti PRISMA 2020 dengan pencarian di PubMed, Scopus, ERIC, dan Web of Science periode Januari 2021-Januari 2026, menghasilkan 10 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. *Virtual Reality* menunjukkan retensi pengetahuan superior pada evaluasi 6 bulan ($72,1 \pm 9,7$ versus $65,4 \pm 10,2$; $p < 0,001$), performa akademik lebih tinggi (85 ± 4 versus 78 ± 6 ; $p < 0,05$), tingkat interaksi mahasiswa lebih baik, serta efektivitas biaya 58% lebih rendah (US\$206,6 versus US\$491,7). Pembelajaran kadaver tetap esensial untuk pemahaman spasial taktil, keterampilan psikomotorik, dan kesadaran etis profesional yang tidak dapat disubstitusi teknologi digital. *Blended learning* mengintegrasikan spesimen kadaverik dengan teknologi virtual menghasilkan outcome tertinggi ($81,84 \pm 4,81\%$; $p = 0,005$) dibandingkan modalitas tunggal. Tidak terdapat superioritas absolut; pendekatan *hybrid* memberikan hasil optimal.

Kata kunci : *blended learning*, pemahaman spasial, pembelajaran anatomi digital, pembelajaran berbasis kadaver, retensi pengetahuan

ABSTRACT

Anatomy education forms the fundamental basis for disease diagnosis, medical imaging interpretation, and clinical intervention planning in health sciences. However, traditional cadaver-based teaching faces increasing challenges due to limited cadaver availability and high operational costs, leading to growing interest in digital anatomy learning as an alternative approach. This study aimed to examine the effectiveness of cadaver-based anatomy learning compared with digital anatomy learning in improving knowledge retention and spatial understanding among health sciences students. This systematic review followed the PRISMA 2020 guidelines. Literature searches were conducted in PubMed, Scopus, ERIC, and Web of Science for studies published between January 2021 and January 2026. A total of 10 studies met the inclusion criteria and were included in the final analysis. The findings indicate that Virtual Reality-based learning demonstrated superior long-term knowledge retention at the 6-month follow-up (72.1 ± 9.7 vs. 65.4 ± 10.2 ; $p < 0.001$), higher academic performance (85 ± 4 vs. 78 ± 6 ; $p < 0.05$), greater student engagement, and 58% lower instructional costs (US\$206.6 vs. US\$491.7). Despite these advantages, cadaver-based learning remains essential for developing tactile-spatial understanding, psychomotor skills, and professional ethical awareness that cannot be fully replicated by digital technologies. Blended learning approaches that integrate cadaveric specimens with virtual technologies produced the highest learning outcomes ($81.84 \pm 4.81\%$; $p = 0.005$) compared with single-modality methods. Overall, neither modality demonstrated absolute superiority.

Keywords : *blended learning*, cadaver based learning, digital anatomy tools, knowledge retention, spatial understanding

PENDAHULUAN

Pembelajaran anatomi merupakan fondasi krusial dalam pendidikan ilmu kesehatan yang membentuk dasar bagi diagnosis penyakit, interpretasi pencitraan medis, dan perencanaan intervensi medis. Sejak abad ke-18, diseksi kadaver telah menjadi komponen inti dalam pendidikan medis yang memberikan pengalaman visual dan taktil komprehensif dalam pembelajaran anatomi bersifat tiga dimensi. Namun, berbagai tantangan seperti keterbatasan akses terhadap kadaver, biaya preservasi yang tinggi, risiko kesehatan dari paparan agen pengawet, serta reduksi waktu pengajaran anatomi dalam kurikulum telah mendorong eksplorasi alternatif pembelajaran yang lebih *accessible* dan *cost-effective* (Pasricha *et al.*, 2023; Talan *et al.*, 2025). Perkembangan teknologi digital dalam dekade terakhir telah memunculkan berbagai modalitas pembelajaran anatomi inovatif, termasuk meja diseksi virtual, model tiga dimensi interaktif, aplikasi berbasis *augmented reality*, dan platform *virtual reality* yang menawarkan pengalaman pembelajaran dengan fleksibilitas dan aksesibilitas lebih tinggi (Talan *et al.*, 2025; Sinou *et al.*, 2023).

Wang *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa teknologi visualisasi tiga dimensi dapat menciptakan dunia virtual realistis dengan berbagai pengalaman sensorik untuk memperoleh pemahaman efektif mengenai hubungan spasial struktur anatomi. Studi oleh Gallot *et al.*, (2024) mengidentifikasi bahwa penggunaan *tool* digital interaktif tiga dimensi dapat meningkatkan pembelajaran anatomi fungsional, khususnya dalam aspek retensi pengetahuan jangka panjang dengan hasil signifikan pada *retention test* delapan minggu pasca intervensi. Lee *et al.*, (2024) menegaskan bahwa platform anatomi digital memungkinkan kesadaran spasial lebih baik dibandingkan metode tradisional, dengan kemampuan manipulasi model tiga dimensi dan pembelajaran yang dapat diulang sesuai kebutuhan individual. Meskipun demikian, temuan empiris mengenai komparasi efektivitas antara pembelajaran berbasis kadaver dan *digital anatomy tools* masih menunjukkan hasil beragam dan kontroversial. menemukan bahwa modalitas virtual tidak menunjukkan inferioritas dibandingkan kurikulum tradisional, bahkan dalam beberapa kasus menunjukkan peningkatan performa pada ujian anatomi muskuloskeletal dan gastrointestinal (Adnan *et al.*, 2025).

Diseksi kadaver masih memberikan manfaat unik dalam orientasi anatomi tiga dimensi, pemahaman fragilitas struktur internal, dan koneksi pengetahuan teoretis dengan korelat klinis yang sulit direplikasi oleh teknologi digital. Kontradiksi temuan ini mengindikasikan adanya *research gap* substansial dalam memahami mekanisme spesifik yang mempengaruhi retensi pengetahuan dan pemahaman spasial pada kedua modalitas pembelajaran. *Gap* penelitian yang teridentifikasi meliputi minimnya studi komparatif yang mengevaluasi dampak jangka panjang terhadap retensi pengetahuan anatomi, keterbatasan penelitian yang mengukur pemahaman spasial tiga dimensi secara objektif, serta kurangnya sintesis sistematis yang mengintegrasikan berbagai modalitas teknologi digital dalam konteks pembelajaran anatomi. *Novelty* dari *systematic review* ini terletak pada pendekatan komprehensif dalam mensintesis bukti terkini mengenai efektivitas pembelajaran anatomi berbasis kadaver dibandingkan *digital anatomy tools*, dengan fokus spesifik pada retensi pengetahuan dan pemahaman spasial, serta memberikan rekomendasi berbasis bukti untuk implementasi optimal dalam kurikulum pendidikan kesehatan kontemporer (Capps *et al.*, 2024)

Perkembangan teknologi digital dalam dekade terakhir telah membawa transformasi signifikan dalam metode pembelajaran anatomi. Berbagai inovasi teknologi seperti model anatomi tiga dimensi interaktif, meja diseksi virtual, aplikasi berbasis *augmented reality* (AR), serta platform *virtual reality* (VR) telah diperkenalkan untuk mendukung visualisasi struktur anatomi secara lebih komprehensif. Teknologi tersebut memungkinkan mahasiswa untuk mengeksplorasi struktur anatomi secara interaktif, memanipulasi model tiga dimensi dari berbagai sudut pandang, serta mempelajari hubungan spasial antarorgan secara lebih

mendalam. Selain itu, platform digital juga memberikan fleksibilitas pembelajaran karena dapat diakses kapan saja dan memungkinkan proses pembelajaran yang lebih individualised sesuai kebutuhan mahasiswa (Talan *et al.*, 2025; Sinou *et al.*, 2023).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dalam pembelajaran anatomi memiliki potensi untuk meningkatkan efektivitas proses belajar. Studi oleh Wang *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa teknologi visualisasi tiga dimensi mampu menciptakan lingkungan virtual yang realistis dengan pengalaman sensorik yang mendukung pemahaman hubungan spasial antarstruktur anatomi secara lebih efektif. Teknologi ini memungkinkan mahasiswa untuk mengamati struktur anatomi secara dinamis, memperbesar bagian tertentu, serta memahami hubungan struktural yang kompleks dengan lebih baik dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional. Penggunaan perangkat digital interaktif tiga dimensi dapat meningkatkan pembelajaran anatomi fungsional, khususnya dalam aspek retensi pengetahuan jangka panjang. Dalam penelitian tersebut, mahasiswa yang menggunakan alat digital interaktif menunjukkan hasil yang lebih baik pada tes retensi yang dilakukan delapan minggu setelah intervensi pembelajaran (Gallot *et al.*, 2024).

Selain itu, Lee *et al.*, (2024) melaporkan bahwa platform anatomi digital memungkinkan mahasiswa mengembangkan kesadaran spasial yang lebih baik melalui kemampuan manipulasi model tiga dimensi serta fitur pembelajaran yang dapat diulang sesuai kebutuhan. Penggunaan teknologi digital juga dinilai dapat meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran serta mendorong pendekatan pembelajaran yang lebih aktif dan eksploratif. Studi lain juga menunjukkan bahwa teknologi pemindaian tiga dimensi dan model kadaver digital beresolusi tinggi dapat merepresentasikan struktur anatomi dengan tingkat detail yang tinggi sehingga berpotensi menjadi alternatif yang efektif dalam pendidikan medis (Michalik *et al.*, 2025; Kabakcı, 2025).

Meskipun demikian, bukti empiris mengenai efektivitas relatif antara pembelajaran anatomi berbasis kadaver dan penggunaan teknologi digital masih menunjukkan hasil yang beragam. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa teknologi digital mampu memberikan hasil pembelajaran yang sebanding dengan metode tradisional. Dalam systematic review yang dilakukan oleh Adnan *et al.*, (2025), ditemukan bahwa penggunaan virtual reality dalam pendidikan anatomi tidak menunjukkan inferioritas dibandingkan metode pembelajaran konvensional berbasis diseksi kadaver. Bahkan dalam beberapa kasus, mahasiswa yang menggunakan teknologi virtual menunjukkan peningkatan performa pada ujian anatomi, khususnya pada sistem muskuloskeletal dan gastrointestinal. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan teknologi digital dapat meningkatkan strategi pembelajaran mahasiswa serta berdampak positif terhadap performa akademik dalam mata kuliah anatomi (Cheng *et al.*, 2026; Hasti *et al.*, 2025).

Perbedaan temuan dalam berbagai penelitian tersebut menunjukkan adanya kesenjangan pengetahuan yang signifikan dalam memahami efektivitas relatif antara metode pembelajaran anatomi berbasis kadaver dan teknologi digital. Beberapa aspek penting yang masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut meliputi dampak jangka panjang terhadap retensi pengetahuan anatomi, kemampuan mahasiswa dalam memahami hubungan spasial tiga dimensi secara mendalam, serta efektivitas integrasi berbagai teknologi digital dalam mendukung pembelajaran anatomi. Selain itu, masih terbatas penelitian yang secara sistematis membandingkan kedua modalitas pembelajaran tersebut dengan menggunakan indikator outcome yang komprehensif (Rajan *et al.*, 2025; Relekar *et al.*, 2024).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam *systematic review* ini adalah: Bagaimana efektivitas pembelajaran anatomi berbasis kadaver dibandingkan dengan *digital anatomy tools* terhadap retensi pengetahuan dan pemahaman spasial struktur anatomi pada mahasiswa ilmu kesehatan? Secara spesifik, pertanyaan penelitian mencakup: Pertama, apakah terdapat perbedaan signifikan dalam retensi pengetahuan anatomi jangka

pendek dan jangka panjang antara mahasiswa yang belajar menggunakan kadaver dengan mereka yang menggunakan *digital anatomy tools*? Kedua, bagaimana modalitas pembelajaran berbasis kadaver dibandingkan dengan *digital anatomy tools* dalam memfasilitasi pemahaman spasial tiga dimensi struktur anatomi? Ketiga, apa faktor-faktor yang memoderasi efektivitas relatif antara kedua modalitas pembelajaran tersebut dalam konteks pendidikan anatomi? Keempat, apa implikasi praktis dari temuan komparatif tersebut untuk desain kurikulum dan strategi pembelajaran anatomi yang optimal dalam pendidikan ilmu kesehatan?

Tujuan utama *systematic review* ini adalah mensintesis dan mengevaluasi bukti ilmiah terkini mengenai efektivitas pembelajaran anatomi berbasis kadaver dibandingkan *digital anatomy tools* terhadap retensi pengetahuan dan pemahaman spasial pada mahasiswa ilmu kesehatan. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk: Pertama, mengidentifikasi dan menganalisis perbedaan efektivitas antara pembelajaran berbasis kadaver dan *digital anatomy tools* dalam meningkatkan retensi pengetahuan anatomi baik jangka pendek maupun jangka panjang. Kedua, mengevaluasi komparasi efektivitas kedua modalitas dalam memfasilitasi pemahaman spasial struktur anatomi tiga dimensi. Ketiga, mengidentifikasi faktor-faktor moderator yang mempengaruhi efektivitas relatif antara kedua modalitas pembelajaran, termasuk karakteristik mahasiswa, konteks pembelajaran, dan jenis teknologi digital yang digunakan. Keempat, merumuskan rekomendasi berbasis bukti untuk implementasi optimal modalitas pembelajaran anatomi dalam kurikulum pendidikan ilmu kesehatan yang dapat meningkatkan *learning outcomes* mahasiswa secara maksimal.

Systematic review ini memberikan kontribusi signifikan baik teoretis maupun praktis dalam domain pendidikan anatomi. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya pemahaman mengenai mekanisme kognitif yang terlibat dalam pembelajaran anatomi melalui modalitas berbeda, khususnya dalam aspek konstruksi mental tiga dimensi dan retensi memori jangka panjang. Sintesis bukti komprehensif akan mengidentifikasi kondisi optimal di mana masing-masing modalitas menunjukkan keunggulan, sehingga berkontribusi pada pengembangan teori pembelajaran anatomi yang lebih kontekstual. Secara praktis, temuan *review* ini memberikan panduan berbasis bukti bagi institusi pendidikan kesehatan dalam merancang kurikulum anatomi efektif dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya, aksesibilitas, dan kebutuhan pembelajaran mahasiswa. Bagi pendidik anatomi, *review* ini menyediakan informasi komprehensif mengenai kelebihan dan keterbatasan masing-masing modalitas untuk mendesain strategi pembelajaran yang responsif terhadap kebutuhan individual mahasiswa. Bagi mahasiswa ilmu kesehatan, hasil *review* ini berpotensi meningkatkan kualitas pengalaman pembelajaran anatomi melalui identifikasi metode paling efektif untuk retensi pengetahuan dan pemahaman spasial. Lebih lanjut, temuan *review* ini dapat menjadi referensi penting bagi *policy makers* dalam alokasi sumber daya pendidikan dan pengembangan infrastruktur pembelajaran anatomi berbasis bukti ilmiah terkini.

METODE

Penelitian ini merupakan *systematic literature review* yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mensintesis bukti ilmiah mengenai efektivitas pembelajaran anatomi berbasis kadaver dibandingkan dengan penggunaan pembelajaran anatomi digital terhadap retensi pengetahuan dan pemahaman spasial pada mahasiswa ilmu kesehatan. Proses penyusunan dan pelaporan kajian ini mengikuti pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 untuk meningkatkan transparansi dan sistematisasi dalam pelaporan penelitian. Sumber data penelitian diperoleh dari empat basis data elektronik utama, yaitu PubMed, Scopus, ERIC (Education Resources Information Center), dan *Web of Science*. Pencarian literatur dilakukan terhadap artikel yang dipublikasikan pada periode Januari 2021 hingga Januari 2026. Pemilihan basis data tersebut didasarkan pada

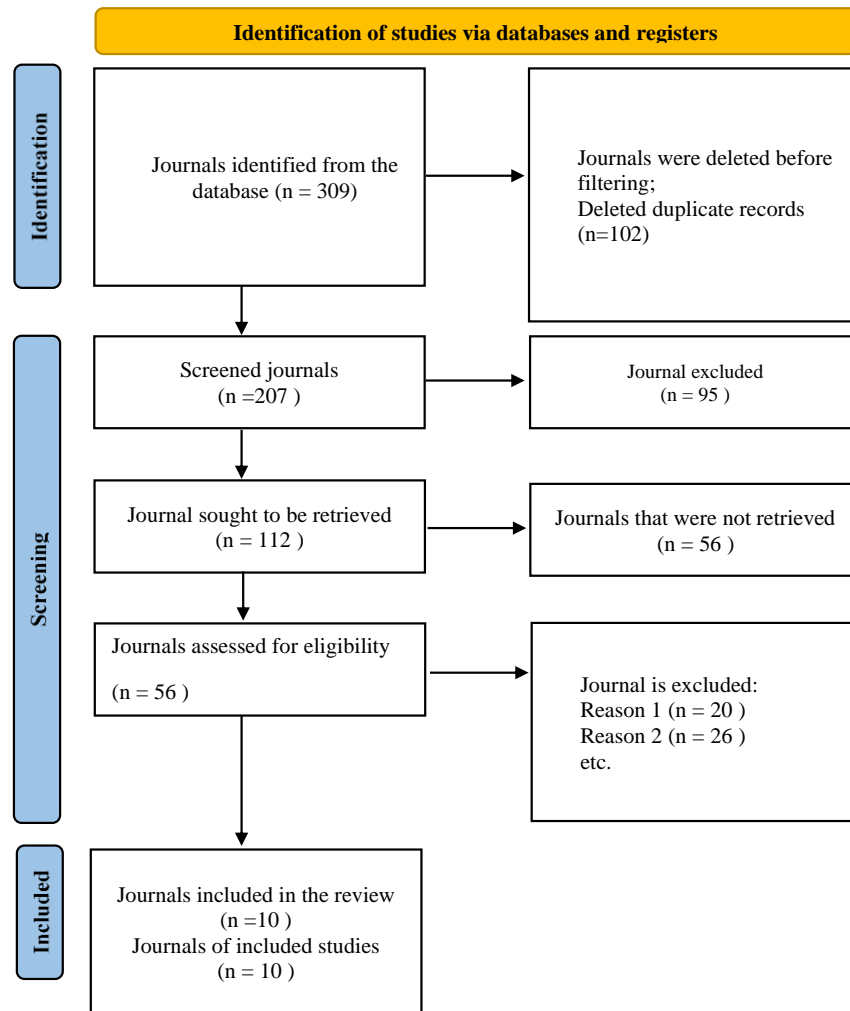
rekomendasi bahwa kombinasi database tersebut memberikan cakupan luas terhadap publikasi di bidang pendidikan kesehatan dan pendidikan tinggi. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci dalam bahasa Inggris yang berkaitan dengan pembelajaran anatomi berbasis kadaver, pembelajaran anatomi digital, retensi pengetahuan, pemahaman spasial. Proses pencarian dilakukan dengan menggunakan operator Boolean (AND dan OR) yang disesuaikan dengan sintaks masing-masing basis data.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi artikel penelitian kuantitatif atau *mixed-methods* yang membandingkan pembelajaran anatomi berbasis kadaver dengan teknologi anatomi digital, melibatkan mahasiswa ilmu kesehatan, serta melaporkan *outcome* berupa retensi pengetahuan atau pemahaman spasial. Artikel yang berupa *review*, *editorial*, *conference abstract*, atau penelitian tanpa kelompok pembanding dikeluarkan dari analisis. Instrumen penelitian berupa lembar ekstraksi data yang digunakan untuk mengumpulkan informasi dari artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Data yang diekstraksi meliputi nama penulis, tahun publikasi, negara penelitian, desain studi, jumlah sampel, jenis metode pembelajaran yang digunakan, metode pengukuran outcome, serta hasil utama penelitian. Analisis data dilakukan menggunakan sintesis naratif, yaitu dengan mengelompokkan dan membandingkan temuan penelitian berdasarkan jenis metode pembelajaran serta outcome yang dilaporkan. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi pola temuan, konsistensi hasil penelitian, serta perbedaan yang muncul antar studi. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang berasal dari publikasi ilmiah, sehingga tidak melibatkan subjek manusia secara langsung. Oleh karena itu, penelitian ini tidak memerlukan persetujuan etik penelitian.

HASIL

Proses identifikasi dan seleksi studi dalam tinjauan sistematis ini mengikuti pedoman PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Pencarian awal melalui basis data menghasilkan 309 artikel jurnal yang kemudian melalui tahap penyaringan ketat. Sebanyak 102 artikel duplikat dieliminasi, menyisakan 207 artikel untuk proses *screening*. Dari jumlah tersebut, 95 artikel dieksklusi karena tidak memenuhi kriteria inklusi awal, meninggalkan 112 artikel yang akan diambil untuk penilaian lebih lanjut. Dalam tahap *retrieval*, 56 artikel tidak berhasil diperoleh akses lengkapnya. Selanjutnya, 56 artikel yang berhasil diakses menjalani penilaian kelayakan (*eligibility assessment*) secara menyeluruh. Pada tahap ini, 46 artikel dieksklusi dengan berbagai alasan spesifik, termasuk 20 artikel karena alasan pertama dan 26 artikel karena alasan kedua. Akhirnya, 10 artikel jurnal memenuhi seluruh kriteria dan diinklusi dalam tinjauan sistematis untuk menganalisis efektivitas pembelajaran anatomi berbasis kadaver dibandingkan dengan pembelajaran anatomi digital terhadap retensi pengetahuan dan pemahaman spasial.

Berdasarkan sintesis dari sepuluh jurnal yang dikaji, tabel 1 menyajikan analisis komprehensif mengenai efektivitas pembelajaran anatomi berbasis kadaver dibandingkan dengan alat digital. Tabel disusun secara sistematis dengan mengategorikan setiap penelitian berdasarkan metode pembelajaran anatomi yang digunakan, capaian pembelajaran (*learning outcomes*) yang diperoleh, serta implikasi praktis bagi pendidikan medis. Dari analisis tersebut, teridentifikasi bahwa pendekatan *blended learning* yang mengintegrasikan kedua metode menunjukkan hasil superior dibandingkan penggunaan tunggal. Teknologi digital seperti *Virtual Reality* dan meja diseksi virtual (*CADAVIZ*) memperlihatkan keunggulan dalam retensi pengetahuan jangka panjang, efektivitas biaya, dan engagement mahasiswa. Namun demikian, diseksi kadaver tetap menjadi pilar fundamental dalam mengembangkan pemahaman spasial, keterampilan psikomotor, dan kesadaran etis profesional. Sintesis ini memberikan landasan evidens untuk pengembangan kurikulum anatomi yang optimal melalui pendekatan multimodal.



Gambar 1. Flowchart PRISMA

Tabel 1. Sintesis Penelitian Yang Relevan

No	Judul Jurnal	Penulis Tahun	Metode & Pembelajaran Anatomi	Learning Outcomes	Implikasi
1	3D Digital Models and Cadaver Use in Anatomy Education: An Altmetric Evaluation of Publications from 2020 to 2024	An (Kabakcı, 2025)	Evaluasi altmetrik terhadap 68 publikasi yang membandingkan penggunaan model digital tiga dimensi dengan spesimen kadaverik dalam pendidikan anatomi	Model digital tiga dimensi menampilkan teknologi digital tiga dimensi visibilitas akademik dimensi memperlihatkan dan digital yang lebih dampak yang lebih superior dengan substansial dalam Altmetric Attention Score mencapai 53 poin, pembacaan Mendeley sebanyak 1423, dan jumlah sitasi yang konsisten untuk 206. Terdapat korelasi kuat antara Altmetric Attention Score dengan pembacaan Mendeley (r = 0,999) serta sitasi (r = 0,728)	Metrik Mendeley dapat dijadikan prediktor yang konsisten untuk mengukur dampak ilmiah Bidang seperti anatomi, patologi, dan pemodelan klinis real-time masih membutuhkan penelitian lebih mendalam
2	Comparative Effectiveness of 2024)	(Ajemba <i>et al.</i> , Tinjauan yang menganalisis	sistematis dalam	Kesenjangan signifikan dalam pengajaran	Penetapan pembelajaran metode perlu

<p>Cadaveric Dissection versus Anatomical Models in Teaching Anatomy: A Global Analysis Focused on Medical Schools in Low and Middle-Income Countries versus High-Income Countries: A Systematic Review</p>	<p>efektivitas komparatif anatomi antara LMICs mempertimbangkan antara diseksi kadaver dan HICs terutama dimensi ekonomi dan model anatomis dipicu oleh perbedaan logistik, etika, serta dengan penekanan ketersediaan sumber konteks budaya setempat pada sekolah daya dan infrastruktur Institusi pendidikan medis kedokteran di negara pendidikan. Masing-masing LMICs memerlukan berprestasi rendah-masing metode pendekatan inovatif yang menengah (LMICs) memiliki kelebihan disesuaikan dengan dibandingkan negara tersendiri yang kondisi keterbatasan berprestasi tinggi bergantung pada sumber daya (HICs) konteks implementasinya</p>
<p>3 Evaluating Anatomy Teaching-Learning Methods: Evidence-Based Insights from an Institute of National Importance</p>	<p>Diseksi muncul sebagai metode yang paling disukai untuk transfer informasi anatomis, Evaluasi komprehensif apresiasi struktur tiga terhadap berbagai dimensi, dan metode pengajaran pembentukan anatomi meliputi kolaborasi tim diseksi, proseksi, Proseksi dinilai efektif pembelajaran untuk pemahaman berbantuan komputer, konteks klinis. (Datta <i>et al.</i>, 2025) penggunaan model, Pembelajaran anatomi hidup, dan berbantuan komputer pengajaran didaktik menunjukkan menggunakan keunggulan dalam kuesioner matriks grid penguasaan paling rendah untuk tervalidasi terhadap 68 terminologi medis dan pencapaian hasil mahasiswa kedokteran pemahaman visual pembelajaran yang tahun kedua Mahasiswa cenderung mendukung implementasi kurikulum yang bersifat multimodal</p>
<p>4 Exploring the Effectiveness of CADAVID in Enhancing Learning Outcomes in Undergraduate Medical Students</p>	<p>Kelompok C memperlihatkan peningkatan persentase paling tinggi secara signifikan ($81,84 \pm 4,81\%$, $p = 0,005$) dibandingkan dengan Kelompok A yang hanya menggunakan spesimen kadaver serebelum, Kelompok B menggunakan CADAVID (virtual dissection table), dan Kelompok C menggunakan kombinasi keduanya (blended learning) Integrasi antara spesimen kadaverik dengan teknologi meja diseksi virtual menghasilkan peningkatan pembelajaran anatomis yang lebih efektif dibanding penggunaan kadaver secara tunggal. Akses terhadap region anatomis yang kompleks dan sulit dijangkau dapat difasilitasi melalui implementasi teknologi virtual</p>

<p>5 High-Fidelity 3D Models of Human Cadavers and Their Organs with the Use of Handheld Scanner–Alternative Method in Medical Education and Clinical Practice</p>	<p>(Michalik <i>et al.</i>, 2025)</p>	<p>Konstruksi model digital tiga dimensi berkualitas tinggi dari anatomis seperti otak, spesimen kadaver kranium, wajah, leher, manusia yang telah didiseksi abdomen, pelvis, dan menggunakan ekstremitas inferior pemindai handheld structured-light (Artec 3D Spider) dengan citra dua dimensi resolusi 0,1 mm dan tingkat akurasi 0,05 mm</p>	<p>Terciptanya 12 model anatomis tiga dimensi dengan kualitas tinggi Teknologi pemindaiar tiga dimensi dengan fidelitas tinggi menawarkan alternatif yang berkelanjutan dan mudah diakses sebagai pengganti diseksi konvensional. Pendekatan ini menjembatani gap antara pengetahuan teoretis dengan aplikasi praktis dalam konteks pendidikan medis dan praktik klinis anatomis yang kompleks</p>	<p>Teknologi pemindaiar tiga dimensi dengan fidelitas tinggi menawarkan alternatif yang berkelanjutan dan mudah diakses sebagai pengganti diseksi konvensional. Pendekatan ini menjembatani gap antara pengetahuan teoretis dengan aplikasi praktis dalam konteks pendidikan medis dan praktik klinis anatomis yang kompleks</p>
<p>6 Student Feedback on CADAVIZ: Evidence of Effective Anatomy Learning</p>	<p>(Relekar <i>et al.</i>, 2024)</p>	<p>Evaluasi berbasis survei terhadap efektivitas CADAVIZ sebagai instrumen suplementer menggunakan kuesioner terstruktur skala Likert pada 30 mahasiswa kedokteran tahun pertama telah mempelajari representasi kadaver tradisional dan meja diseksi virtual</p>	<p>Responden memberikan respons sangat positif terhadap antarmuka CADAVIZ yang user-friendly, karakteristik visualisasi tiga dimensi, serta kapabilitasnya dalam meningkatkan pemahaman konseptual, kepercayaan diri, dan kompetensi praktis. Penelitian longitudinal diperlukan untuk mengevaluasi dampak jangka panjang terhadap performa akademik dan keterampilan</p>	<p>CADAVIZ terbukti sebagai instrumen suplementer yang efektif dalam mengatasi tantangan logistik dan etika yang berkaitan dengan diseksi kadaver. Integrasi elemen audio-visual mendorong pembelajaran yang imersif dan melengkapi pendekatan tradisional. Penelitian longitudinal diperlukan untuk mengevaluasi dampak jangka panjang terhadap performa akademik dan keterampilan</p>
<p>7 The Impact of Digital Tools on Learning Outcomes in Madrasah</p>	<p>(Cheng <i>et al.</i>, 2026)</p>	<p>Studi komparatif melibatkan 200 mahasiswa kedokteran yang dibagi menjadi kelompok digital (experimental group) yang mengintegrasikan teknologi interaktif seperti model tiga dimensi dan diseksi virtual, serta kelompok tradisional (control group) yang menerapkan metode konvensional</p>	<p>Kelompok digital menunjukkan tingkat akseptasi 85% terhadap penggunaan alat digital dengan peningkatan signifikan dalam pembelajaran: manajemen waktu (3,87 ± 0,62) berbanding 3,34 ± 0,57), regulasi mandiri (4,10 ± 0,58) berbanding 3,71 ± 0,83), utilisasi sumber daya (3,92 ± 0,65) berbanding 3,37 ± 0,43), serta performa akademik yang lebih superior (85 ± 4)</p>	<p>Instrumen digital memiliki potensi untuk meningkatkan engagement mahasiswa memperbaiki strategi pembelajaran, dan mengangkat capaian akademik dalam konteks pendidikan anatomi. Pengalaman prior dengan teknologi digital dan preferensi pembelajar individual berpengaruh terhadap hasil pembelajaran, menggarisbawahi pentingnya pelatihan dini dan strategi pengajaran yang disesuaikan</p>

			berbanding 78 ± 6 , $p < 0,05$)
8	The Importance of Cadaver-Based Learning in Modern Anatomy Teaching (Woidein, 2025)	Tinjauan komprehensif dan tidak dapat mengenai nilai sepenuhnya edukatif pembelajaran berbasis kadaver dalam instrumen pengajaran anatomi maupun kontemporer dan Integrasi pembelajaran evaluasi relevansinya kadaver dalam kaitannya teknologi pendidikan dengan metode modern pengajaran modern	Pembelajaran berbasis kadaver menyediakan kesempatan pembelajaran eksperiensial yang unik Meskipun terjadi kemajuan pesat dalam teknologi pendidikan diseksi kadaverik tetap memainkan peran fundamental dalam membangun pengetahuan anatomis yang komprehensif, pemahaman spasial, dan sikap profesional pada mahasiswa kedokteran Pendekatan integratif yang mengombinasikan pemahaman anatomis, kadaver dengan teknologi korelasi klinis, serta kesadaran etis pada calon profesional kesehatan optimal
9	Unveiling the Perceptions of Medical and Allied Health Students towards Cadaveric Dissection and Virtual Resources in Anatomy Education: A Cross-Sectional Study (Elbeshbeishy <i>et al.</i> , 2025)	Studi cross-sectional menggunakan kuesioner terstruktur 20 item pada 454 mahasiswa dari berbagai disiplin kesehatan untuk mengeksplorasi persepsi terhadap integrasi alat digital dengan diseksi kadaver konvensional	Mahasiswa program kedokteran memperlihatkan dukungan yang secara signifikan lebih kuat terhadap diseksi kadaver dibandingkan mahasiswa kesehatan sekutu, khususnya dalam aspek keterlibatan emosional ($p < 0,05$), nilai edukatif yang dipersepsikan ($p < 0,001$), dan tingkat kenyamanan dalam menangani kadaver ($p < 0,001$). Kedua kelompok mengakui manfaat sumber daya digital, dengan mahasiswa kedokteran melaporkan peningkatan lebih substansial dalam visualisasi, kepercayaan diri, dan pembelajaran interaktif ($p < 0,01$) Diseksi kadaver tetap merupakan pilar esensial dalam pendidikan anatomi dengan manfaat yang tidak tergantikan dalam komprehensi anatomis dan pengembangar keterampilan psikomotor Platform digital berfungsi sebagai instrumen komplementer yang berharga. Daripada menggantikan diseksi kadaver, inovasi digital ini memperkaya pembelajaran dengan menciptakan lingkungan edukatif yang sinergis
10	Virtual Reality-Based Anatomy Learning: A Sustainable Alternative to Cadaveric Dissection in Medical Education (Hasti <i>et al.</i> , 2025)	Studi kuasi-eksperimental yang membandingkan post-test langsung manfaat, dan retensi pengetahuan jangka panjang antara instruksi anatomi periode 6 bulan	Kelompok VRVR unggul dalam skor pembelajaran berbasis kadaver dalam aspek hasil retensi: $78,6 \pm 9,2$ dibandingkan dengan kelompok diseksi kadaver ($74,3 \pm 8,7$; $p < 0,001$; $d=0,48$) dan mahasiswa daripada efektivitas biaya Visualisasi tiga dimensi

berbasis Virtual Reality (VR) dengan diseksi kadaver (n=150) dibandingkan dengan diseksi kadaver (n=150). Hasilnya menunjukkan bahwa kelompok VR memiliki skor tes post-intervensi yang lebih tinggi secara signifikan ($78,6 \pm 9,2$ versus $74,3 \pm 8,7$; $p < 0,001$) dengan retensi superior pada evaluasi 6 bulan ($72,1 \pm 9,7$ versus $65,4 \pm 10,2$; $p < 0,001$). Temuan ini kontras dengan investigasi Rajan *et al.*, (2025) yang menemukan bahwa pendekatan *blended learning* menggunakan spesimen kadaver dan CADAVIZ menghasilkan peningkatan persentase tertinggi ($81,84 \pm 4,81\%$; $p = 0,005$) dibandingkan penggunaan kadaver tunggal. Cheng *et al.*, (2026) memperkuat argumen ini dengan melaporkan bahwa kelompok yang menggunakan instrumen digital menunjukkan performa akademik superior (85 ± 4 versus 78 ± 6 , $p < 0,05$). Namun demikian, Woidein (2025) menekankan bahwa pembelajaran berbasis kadaver menyediakan peluang *experiential learning* yang unik dan tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh instrumen digital atau virtual. Sintesis *evidence* ini mengindikasikan bahwa superioritas retensi pengetahuan tidak ditentukan oleh modalitas tunggal, melainkan bergantung pada integrasi strategis kedua pendekatan pembelajaran tersebut.

Virtual Reality (VR) dengan diseksi kadaver (n=150) dibandingkan dengan diseksi kadaver (n=150). Hasilnya menunjukkan bahwa kelompok VR memiliki skor tes post-intervensi yang lebih tinggi secara signifikan ($78,6 \pm 9,2$ versus $74,3 \pm 8,7$; $p < 0,001$) dengan retensi superior pada evaluasi 6 bulan ($72,1 \pm 9,7$ versus $65,4 \pm 10,2$; $p < 0,001$). Temuan ini kontras dengan investigasi Rajan *et al.*, (2025) yang menemukan bahwa pendekatan *blended learning* menggunakan spesimen kadaver dan CADAVIZ menghasilkan peningkatan persentase tertinggi ($81,84 \pm 4,81\%$; $p = 0,005$) dibandingkan penggunaan kadaver tunggal. Cheng *et al.*, (2026) memperkuat argumen ini dengan melaporkan bahwa kelompok yang menggunakan instrumen digital menunjukkan performa akademik superior (85 ± 4 versus 78 ± 6 , $p < 0,05$). Namun demikian, Woidein (2025) menekankan bahwa pembelajaran berbasis kadaver menyediakan peluang *experiential learning* yang unik dan tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh instrumen digital atau virtual. Sintesis *evidence* ini mengindikasikan bahwa superioritas retensi pengetahuan tidak ditentukan oleh modalitas tunggal, melainkan bergantung pada integrasi strategis kedua pendekatan pembelajaran tersebut.

PEMBAHASAN

Retensi Pengetahuan Anatomi : Perbandingan Jangka Pendek dan Jangka Panjang

Perbandingan efektivitas retensi pengetahuan antara pembelajaran berbasis kadaver dan *digital anatomy tools* menunjukkan temuan yang kompleks dan kontekstual. Penelitian komparatif oleh Hasti *et al.*, (2025) mengungkapkan bahwa instruksi berbasis *virtual reality* (VR) menghasilkan skor tes pasca-intervensi yang lebih tinggi secara signifikan ($78,6 \pm 9,2$ versus $74,3 \pm 8,7$; $p < 0,001$) dengan retensi superior pada evaluasi 6 bulan ($72,1 \pm 9,7$ versus $65,4 \pm 10,2$; $p < 0,001$). Temuan ini kontras dengan investigasi Rajan *et al.*, (2025) yang menemukan bahwa pendekatan *blended learning* menggunakan spesimen kadaver dan CADAVIZ menghasilkan peningkatan persentase tertinggi ($81,84 \pm 4,81\%$; $p = 0,005$) dibandingkan penggunaan kadaver tunggal. Cheng *et al.*, (2026) memperkuat argumen ini dengan melaporkan bahwa kelompok yang menggunakan instrumen digital menunjukkan performa akademik superior (85 ± 4 versus 78 ± 6 , $p < 0,05$). Namun demikian, Woidein (2025) menekankan bahwa pembelajaran berbasis kadaver menyediakan peluang *experiential learning* yang unik dan tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh instrumen digital atau virtual. Sintesis *evidence* ini mengindikasikan bahwa superioritas retensi pengetahuan tidak ditentukan oleh modalitas tunggal, melainkan bergantung pada integrasi strategis kedua pendekatan pembelajaran tersebut.

Pemahaman Spasial Tiga Dimensi Struktur Anatomi

Kapasitas untuk memfasilitasi pemahaman spasial tiga dimensi struktur anatomi memperlihatkan karakteristik distingtif antara kedua modalitas pembelajaran. Datta *et al.* (2025) mengidentifikasi bahwa diseksi kadaver muncul sebagai metode preferensial untuk mengapresiasi dimensi tiga dimensi dan pengembangan kemampuan *teamwork*, sementara proeksi dinilai superior dalam konteks klinis dan relasi struktur-patologi. Michalik *et al.*, (2025) mendemonstrasikan bahwa teknologi pemindaian 3D dengan resolusi 0,1 mm dan akurasi 0,05 mm mampu menghasilkan representasi detail yang meningkatkan komprehensi spasial struktur anatomi kompleks. Relekar *et al.*, (2024) melaporkan bahwa mahasiswa memberikan respons positif terhadap fitur visualisasi 3D CADAVIZ yang meningkatkan pemahaman, kepercayaan diri, dan keterampilan praktis. Elbeshbeishy *et al.*, (2025) menemukan bahwa mahasiswa medis melaporkan peningkatan signifikan dalam visualisasi, kepercayaan diri, dan *interactive learning* melalui platform digital ($p < 0,01$). Namun, studi tersebut juga menegaskan bahwa diseksi kadaver tetap esensial dalam pengembangan keterampilan psikomotorik dan pemahaman anatomi. Konvergensi temuan ini mengilustrasikan bahwa meskipun teknologi digital menawarkan visualisasi superior, pembelajaran kadaver memberikan pengalaman taktil dan spasial yang *complementary* dan tidak tergantikan.

Faktor-Faktor Moderator Efektivitas Pembelajaran Anatomi

Efektivitas relatif antara pembelajaran berbasis kadaver dan *digital anatomy tools* dimoderasi oleh berbagai faktor kontekstual dan individual yang kompleks. Ajemba *et al.*, (2024) mengidentifikasi disparitas signifikan dalam pengajaran anatomi antara negara berpenghasilan tinggi dan negara berpenghasilan rendah-menengah, yang dipicu oleh perbedaan sumber daya dan infrastruktur, serta dimensi ekonomi, logistik, dan etika. Cheng *et al.*, (2026) menemukan bahwa pengalaman sebelumnya dengan instrumen digital dan preferensi pembelajaran individual mempengaruhi *outcomes*, menggarisbawahi pentingnya pelatihan awal dan strategi pengajaran yang disesuaikan. Kabakcı (2025) melaporkan korelasi positif kuat antara *Altmetric Attention Score* dengan *Mendeley readership* ($r=0,999$), *Twitter mentions* ($r=0,917$), dan keterlibatan akademik, mengindikasikan bahwa visibilitas digital model 3D lebih tinggi dibandingkan model kadaver. Hasti *et al.*, (2025) mengidentifikasi bahwa biaya per-mahasiswa untuk VR 58% lebih rendah (US\$206,6 versus US\$491,7) dengan *return on investment* 81,8% dalam periode 5 tahun. Elbeshbeishy *et al.*, (2025) menemukan bahwa mahasiswa medis menunjukkan dukungan signifikan lebih kuat terhadap diseksi kadaver dibandingkan mahasiswa kesehatan sekutu, khususnya terkait *engagement* emosional ($p<0,05$) dan nilai edukatif yang dipersepsikan ($p<0,001$). Faktor-faktor ini secara kolektif menunjukkan bahwa konteks institusional, ekonomi, dan karakteristik pembelajar memainkan peran determinan dalam efektivitas modalitas pembelajaran.

Implikasi Untuk Desain Kurikulum dan Strategi Pembelajaran Optimal

Temuan komparatif memberikan implikasi praktis substantif untuk pengembangan kurikulum anatomi yang *evidence-based* dan strategis. Datta *et al.*, (2025) merekomendasikan penyelarasan metode pengajaran dengan format asesmen dan adopsi pendekatan multimodal untuk mengakomodasi objektif pembelajaran yang beragam secara efektif. Relekar *et al.*, (2024) menekankan bahwa integrasi elemen audio-visual dalam CADAVIZ memfasilitasi *immersive learning* dan melengkapi metode tradisional, dengan rekomendasi untuk penelitian masa depan tentang dampak jangka panjang terhadap performa akademik. Michalik *et al.*, (2025) mengadvokasi teknologi pemindaian 3D sebagai alternatif *promising* yang menjembatani kesenjangan antara pengetahuan teoretis dan aplikasi praktis dalam pendidikan medis dan praktik klinis. Woidein (2025) menegaskan bahwa integrasi pembelajaran berbasis kadaver dengan teknologi edukatif modern meningkatkan pemahaman anatomi, korelasi klinis, dan *awareness* etis pada calon profesional kesehatan. Elbeshbeishy *et al.*, (2025) menyimpulkan bahwa platform digital berfungsi sebagai instrumen komplementer yang menciptakan lingkungan edukatif sinergis daripada pengganti diseksi kadaver. Konvergensi rekomendasi ini mengarahkan pada strategi kurikulum *hybrid* yang mengintegrasikan kekuatan distingtif kedua modalitas: pembelajaran kadaver untuk pengembangan keterampilan psikomotorik, *professional identity formation*, dan pemahaman taktil; serta *digital anatomy tools* untuk aksesibilitas, *repeatability*, visualisasi interaktif, dan *cost-effectiveness* dalam konteks pendidikan ilmu kesehatan kontemporer.

Integrasi Pembelajaran Kadaver dan Pembelajaran Anatomi Digital Dalam Pendidikan Anatomi Modern

Pendekatan kurikulum hybrid yang mengintegrasikan pembelajaran berbasis kadaver dengan pembelajaran anatomi digital semakin dipandang sebagai strategi yang optimal dalam pendidikan anatomi modern. Pembelajaran berbasis kadaver memiliki keunggulan utama dalam memberikan pengalaman belajar yang bersifat langsung dan multisensorik. Melalui diseksi atau pengamatan spesimen kadaver, mahasiswa dapat mengembangkan pemahaman taktil terhadap tekstur jaringan biologis, variasi anatomi, serta hubungan spasial antarstruktur tubuh manusia secara nyata. Pengalaman langsung ini juga memungkinkan mahasiswa untuk memahami

kompleksitas struktur anatomi yang sering kali sulit direpresentasikan secara utuh melalui media digital. Beberapa penelitian menekankan bahwa interaksi langsung dengan jaringan biologis membantu mahasiswa membangun pemahaman konseptual yang lebih mendalam serta meningkatkan kemampuan klinis di masa depan (Woidein, 2025; Datta *et al.*, 2025). Selain itu, pembelajaran kadaver juga berkontribusi dalam pengembangan profesionalisme, empati terhadap pasien, serta kesadaran etis terhadap tubuh manusia sebagai bagian penting dalam pendidikan kedokteran (Ajemba *et al.*, 2024).

Di sisi lain, perkembangan teknologi digital telah menghadirkan berbagai pembelajaran anatomi digital yang menawarkan keunggulan dalam hal aksesibilitas, fleksibilitas, dan kemampuan visualisasi struktur anatomi secara interaktif. Teknologi seperti *virtual reality*, *augmented reality*, dan model anatomi tiga dimensi memungkinkan mahasiswa untuk mengeksplorasi struktur anatomi dari berbagai sudut pandang serta melakukan manipulasi model secara dinamis. Hal ini memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mempelajari struktur anatomi secara lebih mendalam melalui proses eksplorasi visual yang berulang. Penelitian oleh Michalik *et al.* (2025) menunjukkan bahwa teknologi pemindaian tiga dimensi mampu menghasilkan model anatomi dengan resolusi tinggi yang mendukung pemahaman spasial secara lebih akurat. Temuan serupa dilaporkan oleh Relekar *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan platform CADAVIZ dengan fitur visualisasi 3D meningkatkan pemahaman konsep anatomi, kepercayaan diri mahasiswa, serta kemampuan identifikasi struktur anatomis.

Keunggulan lain dari digital anatomy tools adalah kemampuannya dalam menyediakan pengalaman pembelajaran yang dapat diulang (*repeatability*). Mahasiswa dapat mengakses materi anatomi secara mandiri di luar ruang kelas, melakukan eksplorasi model anatomi secara berulang, serta menyesuaikan kecepatan belajar sesuai kebutuhan individu. Penelitian oleh Cheng *et al.* (2026) menunjukkan bahwa penggunaan perangkat pembelajaran digital dapat meningkatkan performa akademik mahasiswa melalui peningkatan keterlibatan dalam proses pembelajaran. Selain itu, platform digital juga memungkinkan integrasi berbagai media pembelajaran seperti animasi, simulasi interaktif, serta integrasi audio-visual yang dapat meningkatkan pengalaman belajar yang lebih imersif (Elbeshbeishy *et al.*, 2025). Dari perspektif ekonomi dan efisiensi sumber daya, pembelajaran anatomi digital juga menawarkan potensi *cost-effectiveness* yang signifikan. Hasti *et al.* (2025) melaporkan bahwa implementasi teknologi virtual reality dalam pembelajaran anatomi memiliki biaya per mahasiswa yang lebih rendah dibandingkan penggunaan laboratorium kadaver dalam jangka panjang. Selain itu, penggunaan teknologi digital juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap ketersediaan kadaver yang sering menjadi kendala di berbagai institusi pendidikan, khususnya di negara berkembang (Ajemba *et al.*, 2024).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian menekankan bahwa teknologi digital tidak sepenuhnya dapat menggantikan pengalaman belajar melalui diseksi kadaver. Pengalaman taktil, variasi anatomi nyata, serta dimensi emosional yang muncul dalam proses diseksi merupakan aspek pembelajaran yang sulit direplikasi melalui media virtual. Oleh karena itu, berbagai studi merekomendasikan pendekatan pembelajaran yang menggabungkan kedua metode tersebut secara strategis. Integrasi antara pembelajaran berbasis kadaver dan pembelajaran anatomi digital dapat menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih komprehensif, di mana mahasiswa memperoleh pengalaman langsung melalui kadaver sekaligus memanfaatkan keunggulan teknologi digital dalam visualisasi interaktif dan eksplorasi anatomi secara fleksibel (Woidein, 2025; Datta *et al.*, 2025; Relekar *et al.*, 2024).

Dengan demikian, pengembangan kurikulum anatomi di masa depan sebaiknya tidak menempatkan kedua metode pembelajaran ini sebagai pendekatan yang saling menggantikan, melainkan sebagai strategi yang saling melengkapi. Pembelajaran berbasis kadaver tetap penting untuk mengembangkan pemahaman taktil, keterampilan psikomotorik, serta kesadaran

profesional mahasiswa. Sementara itu, digital anatomy tools dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan aksesibilitas pembelajaran, mendukung visualisasi struktur anatomi yang kompleks, serta menyediakan pengalaman belajar yang fleksibel dan berulang dalam konteks pendidikan ilmu kesehatan kontemporer.

KESIMPULAN

Tinjauan sistematis terhadap 10 artikel jurnal menunjukkan bahwa tidak ada superioritas absolut antara pembelajaran anatomi berbasis kadaver dan pembelajaran anatomi digital, melainkan keduanya memiliki keunggulan komplementer yang kontekstual. *Virtual Reality* dan *CADAVIZ* mendemonstrasikan superioritas dalam retensi pengetahuan jangka panjang ($72,1 \pm 9,7$ versus $65,4 \pm 10,2$; $p < 0,001$), performa akademik (85 ± 4 versus 78 ± 6 ; $p < 0,05$), *engagement* mahasiswa, serta efektivitas biaya dengan pengurangan 58% biaya per-mahasiswa. Namun, pembelajaran berbasis kadaver tetap esensial dalam pengembangan pemahaman spasial taktil, keterampilan psikomotorik, kesadaran etis profesional, dan *experiential learning* yang tidak dapat sepenuhnya disubstitusi oleh teknologi digital. Pendekatan *blended learning* yang mengintegrasikan spesimen kadaverik dengan teknologi virtual menghasilkan outcome superior ($81,84 \pm 4,81\%$; $p = 0,005$) dibandingkan modalitas tunggal. Efektivitas pembelajaran dimoderasi oleh faktor kontekstual meliputi ketersediaan sumber daya institusional, dimensi ekonomi-logistik, karakteristik pembelajar individual, dan pengalaman prior dengan teknologi digital, dengan disparitas signifikan antara negara berpenghasilan tinggi dan rendah-menengah.

Institusi pendidikan medis perlu mengadopsi strategi kurikulum *hybrid evidence-based* yang mengintegrasikan kekuatan distingtif kedua modalitas secara sinergis: diseksi kadaver untuk pembentukan identitas profesional, keterampilan psikomotorik, dan komprehensi taktil-spasial; serta pembelajaran anatomi digital untuk aksesibilitas, *repeatability*, visualisasi interaktif, dan *cost-effectiveness* jangka panjang. Implementasi *blended learning* memerlukan penyesuaian sistematis dengan format asesmen, penyediaan pelatihan teknologi digital komprehensif bagi mahasiswa dan pengajar, serta investasi infrastruktur yang disesuaikan dengan konteks ekonomi-budaya institusional. Institusi di negara berpenghasilan rendah-menengah memerlukan pendekatan inovatif yang mengoptimalkan keterbatasan sumber daya melalui adopsi bertahap teknologi digital berkelanjutan. Penelitian longitudinal masa depan diperlukan untuk mengevaluasi dampak jangka panjang pendekatan multimodal terhadap retensi pengetahuan, kompetensi klinis, dan performa profesional lulusan, serta mengeksplorasi area yang masih membutuhkan investigasi mendalam seperti anatomi pediatrik, patologi, dan pemodelan klinis real-time untuk pengembangan kurikulum anatomi optimal yang responsif terhadap dinamika pendidikan kedokteran kontemporer.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih atas dukungan, bantuan serta bimbingan kepada semua pihak yang telah membantu peneliti menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, S., Benson, A. C., & Xiao, J. (2025). How virtual reality is being adopted in anatomy education in health sciences and allied health: A systematic review. *Anatomical Sciences Education*, 18(5), 496–525.
- Ajemba, M., Iroanya, C., & Ironegbu, C. (2024). Comparative effectiveness of cadaveric dissection versus anatomical models in teaching anatomy: A global analysis focused on medical schools in low and middle - income Countries versus High-Income Countries: A

- systematic review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21, 1817–1832.
- Capps, N., Stickley, K., McFerguson, R., & Renteria, F. (2024). Cadaveric education in baccalaureate nursing education. *Teaching and Learning in Nursing*, 19.
- Cheng, C., Yu, S., & Li, G. (2026). The Impact of Digital Tools on Learning Strategies and Academic Performance in Human Anatomy. *International Conference on Mechanical, Engineering, and Interaction Design*, 14018(Icmeid), 1–8.
- Datta, D., Pal, A. K., Ramulu, M. V., & Pundhir, A. (2025). Evaluating Anatomy Teaching-learning Methods: Evidence-based Insights from an Institute of National Importance. *National Journal of Clinical Anatomy*, 14(3), 147–157.
- Elbeshbeishy, R., Salama, R., Goud, B. M., Babiker, R., Jhancy, M., Hamed, N., Oraby, F., & Merghani, T. (2025). Unveiling the perceptions of medical and allied health students towards cadaveric dissection and virtual resources in anatomy education: a cross sectional study. *BMC Medical Education*, 25(1).
- Gallot, M., Rienzo, F. Di, Binay, M., Collet, C., El, N., Gallot, M., Rienzo, F. Di, Binay, M., Collet, C., El, N., & Learning, H. (2024). Learning Functional Human Anatomy With A New Interactive Three-Dimensional Digital Tool. *Anatomical Sciences Education*, 17(3), 660–673.
- Gusenbauer, M. (2022). Search where you will find most: Comparing the disciplinary coverage of 56 bibliographic databases. In *Scientometrics* (Vol. 127, Issue 5). Springer International Publishing.
- Hasti, N., Sitanggang, A. S., & Syafariani, R. F. (2025). *Virtual Reality-Based Anatomy Learning : A Sustainable Alternative to Cadaveric Dissection in Medical Education*.
- Kabakcı, A. G. (2025). 3D Digital Models and Cadaver Use in Anatomy Education: An Altmetric Evaluation of Publications from 2020 to 2024. *JCMBS*, 5(May), 83–92.
- Lee, J. W. Y., Susanto, J., Lai, S. H., Cheow, P. C., Low, L. X. T., & Bello, F. (2024). What Faculty and Students Value When Evaluating Human Digital Anatomy Platforms: A Mixed-Methods Study. *Journal of Medical Education and Curricular Development*, 11.
- Michalik, W., Szczepanik, M., Biel, K., Mordarski, M., Bak, K., Fryzlewicz, K., Jaszewski, K., Maciaszek, S., Pierzchała, M., Arshad, A., Rams, D., Walocha, J., Dobrzynski, H., & Mazur, M. (2025). High-fidelity 3D models of human cadavers and their organs with the use of handheld scanner—Alternative method in medical education and clinical practice. *Frontiers in Medicine*, 12.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372.
- Pasricha, N., Badyal, D. K., Goyal, P. K., & Sthapak, E. (2023). Gross Anatomy Teaching for Medical Undergraduates Through Computer-Based Simulation: Introduction and Evaluation of Effectiveness. *Cureus*, 15(11), 2–9.
- Rajan, R., Devi, R., Devi, D., Devaki, P. R., Dorairaj, S., N., T., Kad, T., & Dutta, D. D. (2025). Exploring the effectiveness of CADAVIZ in enhancing learning outcomes in undergraduate medical students. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 13(11), 4650–4655.
- Relekar, A. S., Kulkarni, S. P., Sayyad, M. R., Yadav, P. L., Patil, P. M., & Kad, T. D. (2024). Student Feedback on CADAVIZ: Evidence of Effective Anatomy Learning. *DPU's Journal of Ayurved, Homeopathy and Allied Health Sciences*, 3(2), 41–45.
- Sinou, N., Sinou, N., & Filippou, D. (2023). *Virtual reality and augmented reality in anatomy education during COVID-19 pandemic*. *Cureus*, 15(2), e35170.
- Talan, T., Kalınkara, Y., & Taşdemir, R. (2025). Seamless Learning Journey: Exploring Digital

Anatomical Experiences in Enriched Medical Education With Metaverse-Supported Virtual Cadaver. *Clinical Anatomy*, 1–14.

Wang, J., Li, W., Dun, A., Zhong, N., & Ye, Z. (2024). 3D visualization technology for Learning human anatomy among medical students and residents: a meta- and regression analysis. *BMC Medical Education*, 24(1), 1–12.

Woidein, T. B. (2025). The Importance Of Cadaver-Based Learning Inmodern Anatomy Teaching. *London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation*, 3(1), 442–444.