



Aplikasi Model Anatomi Cetak Tiga Dimensi dalam Pendidikan Anatomi Panggul: Tinjauan Sistematis

Aqsha Wijaya^{1*}, Ahmad Azwar Habibi², Novia Martin³, Fakhriati Averroesyka⁴

¹⁻² Departemen Anatomi, Program Studi S1 Kedokteran, Fakultas Kedokteran,

UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

³ Program Studi S1 Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

⁴ Mahasiswa Magister Ilmu Biomedis FK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

*Penulis korespondensi: aqsha.wijaya@uinjkt.ac.id

Abstract. *Three-dimensional printing is an emerging educational tool that can enhance anatomy learning through realistic and interactive models. However, evidence regarding the use of female pelvic anatomy models in anatomy education has not yet been comprehensively synthesized. This systematic review was conducted in accordance with PRISMA 2020 guidelines, using PubMed, Scopus, and ScienceDirect as of June 15, 2026, to identify primary studies published between 2021 and 2026. Seven studies met the inclusion criteria. Overall, the synthesis results indicate that 3D-printed models improve anatomical visualization, spatial understanding, student engagement, and satisfaction. Experimental studies also reported improved fracture classification, understanding of injury mechanisms, and procedural skills, particularly among students with limited clinical experience. Furthermore, these models provide a more hands-on learning experience, allowing students to understand the relationships between anatomical structures more clearly, and support a more effective learning process compared to conventional media. However, most of the studies were exploratory in nature, had small sample sizes, and reported heterogeneous outcomes. 3D-printed anatomical models show promise in the education of female pelvic anatomy, but further high-quality experimental studies are needed to confirm their educational effectiveness.*

Keywords: 3D Printing; Anatomy Simulation; Female Pelvic Anatomy; Learning Media; Obstetrics Education.

Abstrak. *Three-dimensional printing adalah alat pendidikan yang muncul yang dapat meningkatkan pembelajaran anatomi melalui model yang realistis dan interaktif. Namun, bukti tentang penggunaan model anatomi panggul wanita dalam pendidikan anatomi belum disintesis secara komprehensif. Tinjauan sistematis ini dilakukan sesuai dengan PRISMA 2020, menggunakan PubMed, Scopus, dan ScienceDirect pada 15 Juni 2026, untuk studi primer yang diterbitkan antara 2021 dan 2026. Tujuh studi memenuhi kriteria inklusi. Secara keseluruhan, hasil sintesis menunjukkan bahwa 3D printing models meningkatkan visualisasi anatomi, pemahaman spasial, keterlibatan pelajar, dan kepuasan. Studi eksperimental juga melaporkan klasifikasi fraktur yang lebih baik, pemahaman tentang mekanisme cedera, dan keterampilan prosedural, terutama di antara pelajar dengan pengalaman klinis terbatas. Selain itu, model ini memberikan pengalaman belajar yang lebih praktis, memungkinkan mahasiswa memahami hubungan antarstruktur anatomi secara lebih jelas, serta mendukung proses pembelajaran yang lebih efektif dibandingkan media konvensional. Namun demikian, sebagian besar penelitian bersifat perkembangan, memiliki ukuran sampel kecil, dan menggunakan hasil yang heterogen. Model anatomi 3D printing menjanjikan dalam pendidikan anatomi panggul wanita, tetapi studi eksperimental lanjutan yang berkualitas lebih tinggi diperlukan untuk mengkonfirmasi efektivitas pendidikannya.*

Kata kunci: 3D Printing; Anatomi Pelvis Perempuan; Media Pembelajaran; Pendidikan Obstetri; Simulasi Anatomi.

1. LATAR BELAKANG

Anatomi merupakan ilmu dasar yang menjadi landasan dalam pendidikan kedokteran dan profesi kesehatan karena menjadi dasar pemahaman struktur tubuh manusia yang diperlukan untuk pemeriksaan fisik, penegakan diagnosis, penatalaksanaan penyakit, hingga pelaksanaan berbagai prosedur klinis. Penguasaan anatomi yang baik berkontribusi terhadap kemampuan klinis mahasiswa dalam mengintegrasikan pengetahuan dasar dengan praktik kedokteran. Oleh

karena itu, pembelajaran anatomi tetap menjadi salah satu komponen utama dalam kurikulum pendidikan kedokteran meskipun terjadi berbagai perubahan metode pembelajaran dalam beberapa dekade terakhir (Al-Rubaie, 2024).

Salah satu materi anatomi yang paling menantang untuk dipelajari adalah anatomi pelvis perempuan. Regio ini memiliki kompleksitas tinggi karena melibatkan hubungan spasial antara tulang pelvis, ligamentum, otot dasar panggul (*pelvic floor*), pembuluh darah, saraf, saluran kemih, saluran cerna, serta organ reproduksi internal seperti uterus, ovarium, tuba uterina, serviks, dan vagina. Pemahaman terhadap hubungan tiga dimensi antarstruktur tersebut sangat penting dalam pendidikan anatomi, terutama sebagai dasar untuk memahami pemeriksaan pelvis, tindakan ginekologi, mekanisme persalinan, serta berbagai prosedur obstetri dan bedah pelvis. Namun, visualisasi hubungan spasial tersebut sering kali sulit dipahami apabila mahasiswa hanya mengandalkan ilustrasi dua dimensi pada atlas anatomi atau buku teks (Standring, 2020).

Selama bertahun-tahun, pembelajaran anatomi mengandalkan diseksi kadaver sebagai gold standard karena memberikan pengalaman langsung dalam mengenali struktur anatomi secara nyata. Akan tetapi, pelaksanaan diseksi menghadapi berbagai tantangan, antara lain keterbatasan donor tubuh, tingginya biaya pengadaan dan pemeliharaan laboratorium anatomi, kebutuhan fasilitas khusus, serta pertimbangan etik dan regulasi di berbagai negara. Selain itu, model anatomi plastik yang umum digunakan di institusi pendidikan cenderung bersifat statis, kurang mampu menggambarkan variasi anatomi maupun hubungan spasial organ secara rinci, dan memiliki biaya pengadaan yang relatif tinggi. Kondisi tersebut mendorong berkembangnya berbagai inovasi media pembelajaran yang dapat melengkapi, bukan menggantikan, metode pembelajaran anatomi konvensional (Chatha, 2020).

Salah satu inovasi yang berkembang pesat adalah pemanfaatan three dimensional printing (3D printing) dalam pendidikan anatomi. Teknologi ini memungkinkan pembuatan replika anatomi berdasarkan data pencitraan medis, seperti *computed tomography* (CT) dan *magnetic resonance imaging* (MRI), sehingga menghasilkan model yang memiliki bentuk anatomis akurat, dapat disentuh, dimanipulasi, bahkan dibongkar-pasang sesuai kebutuhan pembelajaran. Dibandingkan media dua dimensi, model anatomi hasil pencetakan tiga dimensi memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif karena memungkinkan mahasiswa mengamati struktur dari berbagai sudut, memahami hubungan spasial antarorgan, serta menghubungkan konsep anatomi dengan aplikasi klinis. Berbagai kajian menunjukkan bahwa penggunaan model anatomi 3D memberikan kontribusi terhadap peningkatan pemahaman

anatomi, kemampuan visualisasi spasial, motivasi belajar, dan retensi pengetahuan apabila digunakan sebagai pelengkap metode pembelajaran konvensional.

Efektivitas model anatomi berbasis *three dimensional printing* dalam pendidikan anatomi telah banyak dilaporkan dalam berbagai penelitian. Meta-analisis yang dilakukan oleh Asghar et al. melibatkan 22 *randomized controlled crossover trials* menunjukkan bahwa penggunaan model anatomi hasil 3D printing secara signifikan meningkatkan pengetahuan anatomi, kemampuan visualisasi spasial, kepuasan belajar, dan kepercayaan diri mahasiswa dibandingkan metode pembelajaran konvensional. Temuan tersebut menunjukkan bahwa model tiga dimensi tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga mampu meningkatkan kualitas proses pembelajaran melalui pengalaman belajar yang lebih aktif dan interaktif. Demikian pula, meta-analisis oleh Ye et al. melaporkan bahwa model anatomi berbasis 3D printing secara konsisten memberikan hasil belajar yang lebih baik dibandingkan media dua dimensi, terutama pada struktur anatomi yang memiliki kompleksitas spasial tinggi (Ye Z et al, 2020).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian maupun systematic review tersebut masih menggabungkan seluruh sistem anatomi, seperti sistem muskuloskeletal, kardiovaskular, neuroanatomi, kraniofasial, dan abdomen. Brumpt et al. dalam systematic review mengenai penggunaan 3D printing sebagai media pembelajaran anatomi juga menyimpulkan bahwa teknologi ini efektif meningkatkan pemahaman anatomi dan keterlibatan mahasiswa, tetapi hanya sebagian kecil penelitian yang mengevaluasi anatomi pelvis. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Yuen yang menyatakan bahwa bukti ilmiah mengenai penggunaan model 3D printing pada pendidikan anatomi masih didominasi oleh struktur muskuloskeletal dan ortopedi, sedangkan penelitian pada anatomi reproduksi perempuan masih sangat terbatas (Brumpt et al, 2023).

Dalam beberapa tahun terakhir mulai muncul penelitian yang secara khusus mengembangkan model anatomi pelvis berbasis 3D printing. Kiesel et al. mengembangkan model anatomi pelvis perempuan berukuran sebenarnya (*life-size*) yang dapat dibongkar-pasang untuk mendukung pembelajaran pemeriksaan pelvis ginekologi. Model tersebut memungkinkan mahasiswa memahami hubungan spasial antara tulang pelvis, organ reproduksi, pembuluh darah, dan struktur sekitarnya sebelum melakukan pemeriksaan pada *phantom*. Selanjutnya, Johnson et al. mengembangkan model *pelvic floor* berbasis 3D printing sebagai media pembelajaran anatomi pada mahasiswa kedokteran. Model tersebut digunakan sebagai penghubung antara pembelajaran teori dengan diseksi anatomi sehingga membantu

mahasiswa memahami hubungan spasial otot dasar panggul, ligamen, pembuluh darah, dan saraf pelvis secara lebih komprehensif (Kiesel et al, 2022)

Selain pada anatomi dasar, aplikasi model 3D printing juga berkembang ke arah pendidikan klinis dan simulasi prosedural. Yan et al. menunjukkan bahwa penambahan model anatomi pelvis hasil 3D printing pada pembelajaran fraktur pelvis secara signifikan meningkatkan akurasi klasifikasi fraktur, pemahaman mekanisme cedera, serta mempercepat waktu penyelesaian evaluasi dibandingkan penggunaan radiografi dan CT-scan saja. Wang et al. juga melaporkan bahwa model anatomi tiga dimensi meningkatkan akurasi klasifikasi cedera cincin pelvis pada residen ortopedi junior, meskipun manfaat tersebut tidak sebesar pada peserta dengan pengalaman klinis yang lebih tinggi. Di sisi lain, Chan dan Yam menunjukkan bahwa sebagian besar peserta pelatihan bedah ortopedi menilai model anatomi tiga dimensi mampu meningkatkan pemahaman anatomi dan retensi pengetahuan. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa model anatomi berbasis 3D printing memiliki potensi sebagai media pembelajaran yang tidak hanya meningkatkan visualisasi anatomi, tetapi juga mendukung pengembangan keterampilan klinis.

Perkembangan terbaru menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi 3D printing tidak lagi terbatas pada anatomi pelvis secara umum, tetapi mulai diterapkan pada bidang obstetri dan ginekologi. Brechter et al. mengembangkan simulator uterus berbasis 3D printing (MaiSurge) untuk pelatihan *total laparoscopic hysterectomy*, sedangkan Ward et al. mengembangkan model tiga dimensi lokasi insersi tali pusat pada plasenta sebagai media pembelajaran ultrasonografi obstetri. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa model anatomi berbasis 3D printing mampu menjembatani pembelajaran anatomi dengan keterampilan prosedural melalui simulasi yang lebih realistis. Namun demikian, fokus penelitian masih terbatas pada prosedur tertentu dan belum secara khusus mengevaluasi pembelajaran anatomi pelvis perempuan sebagai satu kesatuan.

Meskipun jumlah publikasi mengenai penggunaan 3D printing dalam pendidikan anatomi terus meningkat, beberapa kesenjangan penelitian masih ditemukan. Pertama, sebagian besar systematic review membahas penggunaan model 3D printing pada pendidikan anatomi secara umum tanpa melakukan sintesis khusus terhadap anatomi pelvis perempuan. Kedua, penelitian primer yang tersedia masih didominasi oleh studi pengembangan model (*development study*) dengan jumlah sampel relatif kecil dan outcome yang heterogen, mulai dari persepsi pengguna hingga keterampilan prosedural. Ketiga, sebagian besar penelitian dilakukan pada mahasiswa kedokteran, residen ortopedi, atau peserta pelatihan bedah, sedangkan bukti ilmiah mengenai implementasi model anatomi pelvis perempuan pada

pendidikan obstetri dan kebidanan masih sangat terbatas. Akibatnya, hingga saat ini belum tersedia gambaran komprehensif mengenai karakteristik model, implementasi pembelajaran, serta efektivitas model anatomi pelvis perempuan berbasis 3D printing dalam pendidikan kesehatan.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan systematic review terhadap berbagai penelitian mengenai aplikasi model anatomi pelvis perempuan berbasis *three-dimensional printing* dalam pendidikan anatomi. Review ini diharapkan dapat mengidentifikasi karakteristik model yang telah dikembangkan, mendeskripsikan implementasinya dalam proses pembelajaran, mengevaluasi efektivitasnya terhadap hasil belajar, serta mengidentifikasi kesenjangan penelitian yang dapat menjadi dasar bagi pengembangan media pembelajaran anatomi pelvis perempuan pada pendidikan kedokteran dan kebidanan di masa mendatang.

2. KAJIAN TEORITIS

Pembelajaran anatomi merupakan fondasi utama dalam pendidikan kedokteran karena membekali mahasiswa dengan pemahaman mengenai struktur tubuh, hubungan spasial antarorgan, serta penerapan anatomi dalam praktik klinis. Salah satu materi yang paling kompleks adalah anatomi pelvis perempuan karena melibatkan hubungan tiga dimensi antara tulang pelvis, otot dasar panggul, ligamentum, pembuluh darah, saraf, serta organ reproduksi internal, sehingga sering kali sulit dipahami apabila hanya menggunakan atlas anatomi, preparat, atau pencitraan dua dimensi. Perkembangan teknologi *three-dimensional* (3D) printing memungkinkan pembuatan model anatomi berdasarkan data pencitraan medis sehingga menghasilkan media pembelajaran yang lebih realistis, interaktif, dan mampu meningkatkan visualisasi spasial mahasiswa. Menurut Cognitive Theory of Multimedia Learning yang dikembangkan oleh Richard E. Mayer, proses belajar menjadi lebih efektif ketika informasi disajikan melalui berbagai representasi visual yang memungkinkan peserta didik membangun representasi mental secara lebih baik. Selain itu, teori Experiential Learning dari David A. Kolb menjelaskan bahwa pengalaman belajar langsung melalui manipulasi objek nyata dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan retensi pengetahuan. Berbagai penelitian mendukung konsep tersebut. Meta-analisis oleh Asghar et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan model anatomi berbasis 3D printing secara signifikan meningkatkan pengetahuan anatomi, kemampuan visualisasi spasial, kepuasan belajar, dan kepercayaan diri mahasiswa dibandingkan metode pembelajaran konvensional. Temuan serupa dilaporkan oleh Ye et al. (2023) dan Brumpton et al. (2023), yang menyimpulkan bahwa model anatomi hasil

pencetakan tiga dimensi efektif sebagai media pembelajaran pelengkap terutama pada struktur anatomi yang kompleks. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pendidikan anatomi secara umum atau sistem muskuloskeletal, sedangkan penelitian mengenai anatomi pelvis perempuan masih terbatas. Penelitian Kiesel et al. (2022) dan Johnson et al. (2025) mulai menunjukkan potensi model 3D printing dalam pembelajaran anatomi pelvis perempuan dan *pelvic floor*, sementara Yan et al. (2023), Wang et al. (2025), Chan dan Yam (2025), Burgade et al. (2021), serta Brechter et al. (2026) memperluas penggunaannya pada pembelajaran fraktur pelvis, simulasi bedah, dan pelatihan keterampilan klinis. Meskipun demikian, hingga saat ini belum tersedia kajian sistematis yang secara khusus mensintesis karakteristik model, implementasi pembelajaran, serta efektivitas model anatomi pelvis perempuan berbasis 3D printing dalam pendidikan anatomi, sehingga systematic review ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan systematic review yang disusun sesuai pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020. Penelusuran literatur dilakukan pada 15 Juni 2026 menggunakan tiga basis data elektronik, yaitu PubMed, Scopus, dan ScienceDirect. Strategi pencarian dikembangkan berdasarkan konsep Population, Intervention, Comparison, Outcome (PICO) dan menggunakan kombinasi kata kunci serta operator Boolean ("3D printing" OR "three-dimensional printing" OR "3D printed") AND (pelvis OR pelvic OR "female pelvis" OR "pelvic floor") AND (anatomy OR anatomical OR "anatomy education").

Tabel 1. Komponen Population, Intervention, Comparison, Outcome (PICO)

Komponen	Deskripsi
Population (P)	Peserta didik bidang kesehatan (mahasiswa, residen, tenaga kesehatan)
Intervention (I)	<i>Three dimensional printed anatomical models</i> yang merepresentasikan anatomi pelvis perempuan (pelvis tulang, pelvic floor, uterus, serviks, vagina, organ reproduksi perempuan) untuk tujuan pendidikan, simulasi, atau pelatihan
Comparison (C)	Pembelajaran konvensional (atlas, buku teks, gambar dua dimensi, CT/MRI, kadaver, model plastik komersial, simulator konvensional) atau tanpa kelompok pembandingan.
Outcome (O)	Peningkatan pembelajaran anatomi, keterampilan, pemahaman spasial, atau kepuasan belajar

Strategi pencarian disesuaikan dengan karakteristik masing-masing basis data. Seluruh artikel yang diperoleh kemudian diekspor ke perangkat lunak manajemen referensi untuk mengidentifikasi dan menghapus artikel duplikat sebelum dilakukan proses seleksi. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel penelitian primer; (2) dipublikasikan pada periode 2021–2026; (3) tersedia dalam teks lengkap (*full text*); (4) ditulis dalam bahasa Inggris; serta

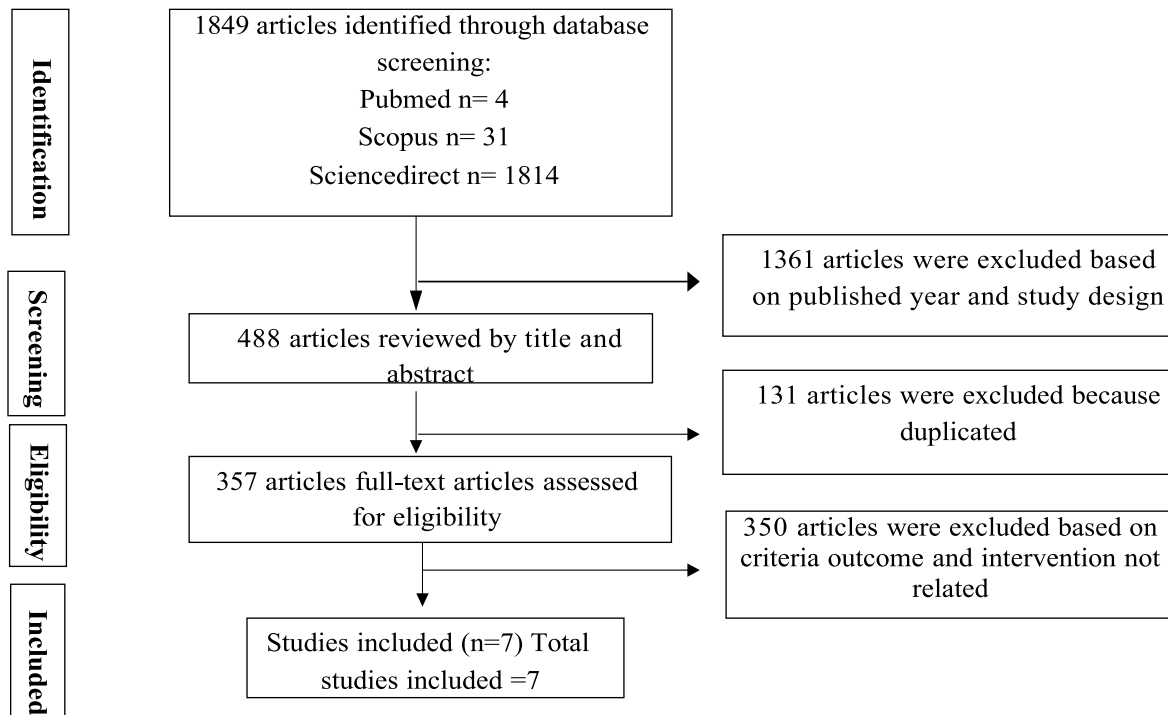
(5) mengevaluasi penggunaan model anatomi berbasis three-dimensional printing yang merepresentasikan anatomi pelvis perempuan untuk tujuan pendidikan anatomi, simulasi, pelatihan keterampilan klinis, atau pendidikan bedah. Artikel dikeluarkan apabila berupa *review article*, *systematic review*, *meta-analysis*, editorial, surat kepada editor, prosiding konferensi, laporan kasus, penelitian pada hewan, atau penelitian kadaver yang tidak memiliki aplikasi dalam pendidikan.

Proses seleksi artikel dilakukan oleh dua reviewer secara independen melalui tahapan penyaringan judul, abstrak, dan telaah teks lengkap berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Apabila terjadi perbedaan pendapat dalam penentuan kelayakan artikel, penyelesaiannya dilakukan melalui diskusi hingga mencapai konsensus.

Data yang diekstraksi dari setiap penelitian meliputi nama penulis, tahun publikasi, negara, tujuan penelitian, desain penelitian, karakteristik peserta, jenis model anatomi tiga dimensi, implementasi model dalam pembelajaran, luaran yang dievaluasi, dan temuan utama penelitian. Seluruh data kemudian dianalisis menggunakan narrative synthesis, mengingat terdapat heterogenitas pada desain penelitian, karakteristik intervensi, dan luaran yang dievaluasi sehingga meta-analisis tidak memungkinkan untuk dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak tujuh artikel memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis dalam systematic review ini. Studi yang diikutsertakan dipublikasikan pada periode 2021–2026 dan berasal dari berbagai negara, yaitu Jerman, Amerika Serikat, Singapura, Tiongkok, dan Prancis. Berdasarkan desain penelitian, dua studi merupakan penelitian pengembangan model (*educational innovation/model development*), tiga studi mengevaluasi efektivitas model 3D dalam pendidikan melalui desain observasional maupun eksperimental, satu studi menggunakan desain *randomized controlled trial* (RCT), dan satu studi mengembangkan simulator bedah berbasis model anatomi tiga dimensi.



Gambar 1. Grafik PRISMA

Hasil

Karakteristik Model Anatomi 3D dalam Pendidikan Pelvis

Sintesis tujuh artikel menunjukkan bahwa model anatomi berbasis 3D printing dikembangkan dengan tingkat kompleksitas yang berbeda sesuai tujuan pembelajaran. Dua penelitian secara khusus mengembangkan model anatomi pelvis perempuan normal. Kiesel et al. mengembangkan model pelvis perempuan berukuran sebenarnya (*life-size*) yang bersifat modular dan dapat dibongkar-pasang, mencakup tulang pelvis, organ reproduksi internal, sistem urinaria, sistem gastrointestinal, pembuluh darah, limfonodi, serta struktur saraf pelvis. Model tersebut dirancang untuk mendukung pembelajaran anatomi dan pemeriksaan ginekologi.

Johnson et al. mengembangkan model *pelvic floor* yang lebih berfokus pada hubungan spasial antara otot dasar panggul, ligamen, pembuluh darah, dan nervus pudendus. Berbeda dengan model Kiesel et al. yang menitikberatkan pada anatomi reproduksi perempuan secara menyeluruh, model Johnson et al. dikembangkan untuk menjembatani pemahaman mahasiswa dari pembelajaran teori menuju diseksi anatomi.

Sementara itu, lima penelitian lainnya menggunakan model pelvis dengan fokus ortopedi atau simulasi bedah. Yan et al. dan Wang et al. memanfaatkan model fraktur pelvis berbasis CT-scan pasien sebagai media pembelajaran klasifikasi fraktur dan mekanisme cedera. Chan dan Yam menggunakan berbagai model anatomi ortopedi, termasuk model pelvis,

sebagai media pendidikan bagi peserta pelatihan bedah ortopedi. Burgade et al. mengembangkan simulator operasi fraktur pelvis yang memungkinkan latihan berbagai pendekatan bedah, sedangkan Brechter et al. mengembangkan model uterus berbasis 3D printing (MaiSurge) untuk simulasi *total laparoscopic hysterectomy*. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan model anatomi tiga dimensi telah berkembang dari sekadar visualisasi anatomi menjadi media pembelajaran prosedural dan simulasi bedah.

Implementasi Model 3D Printing dalam Pendidikan Anatomi

Seluruh penelitian mengintegrasikan model anatomi tiga dimensi sebagai media pembelajaran tambahan (*supplemental learning tool*) dan bukan sebagai pengganti metode pembelajaran konvensional. Pada dua studi pengembangan model anatomi perempuan, model digunakan untuk mendukung pembelajaran anatomi melalui kegiatan *skills laboratory*, diskusi kelompok kecil, serta diseksi anatomi. Mahasiswa terlebih dahulu memperoleh pembelajaran teori, kemudian menggunakan model tiga dimensi untuk mengidentifikasi struktur anatomi sebelum melanjutkan ke praktik pemeriksaan pelvis atau diseksi kadaver.

Pada penelitian yang berfokus pada fraktur pelvis, model tiga dimensi digunakan bersama radiografi konvensional dan CT-scan. Pendekatan ini memungkinkan peserta membandingkan gambaran dua dimensi dengan representasi anatomi tiga dimensi sehingga meningkatkan pemahaman mengenai hubungan spasial struktur tulang dan pola fraktur.

Efektivitas Model Anatomi 3D terhadap Pembelajaran

Hasil sintesis menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian melaporkan manfaat positif penggunaan model anatomi tiga dimensi terhadap proses pembelajaran. Namun, kualitas bukti yang tersedia masih bervariasi. Dua penelitian pengembangan model (Kiesel et al. dan Johnson et al.) belum melakukan evaluasi kuantitatif terhadap hasil belajar, sehingga manfaat model lebih banyak dijelaskan secara deskriptif berdasarkan pengalaman implementasi. Sebaliknya, Chan dan Yam melaporkan bahwa lebih dari 95% peserta menyatakan model anatomi tiga dimensi membantu meningkatkan pemahaman anatomi, pemahaman kondisi ortopedi, dan retensi pengetahuan. Namun demikian, outcome penelitian masih bersifat subjektif karena diukur menggunakan kuesioner persepsi.

Penelitian Wang et al. memberikan bukti yang lebih kuat dengan menunjukkan bahwa penggunaan model 3D meningkatkan akurasi klasifikasi cedera cincin pelvis pada residen junior, meskipun manfaat tersebut tidak ditemukan pada residen senior. Temuan ini mengindikasikan bahwa efektivitas model anatomi tiga dimensi dipengaruhi oleh tingkat pengalaman peserta. Model memberikan manfaat terbesar pada peserta dengan pengalaman klinis yang masih terbatas.

Bukti paling kuat berasal dari penelitian Yan et al. yang menggunakan desain *randomized controlled trial*. Dibandingkan pembelajaran menggunakan radiografi dan CT-scan saja, penambahan model anatomi tiga dimensi secara signifikan meningkatkan akurasi klasifikasi fraktur pelvis (68% vs. 26%; $p<0,0001$), meningkatkan kemampuan mengidentifikasi mekanisme cedera (66% vs. 36%; $p=0,003$), serta mempercepat waktu penyelesaian evaluasi. Selain itu, sebagian besar mahasiswa menyatakan bahwa model tiga dimensi meningkatkan minat belajar, kepercayaan diri, serta keinginan menggunakan media serupa pada mata kuliah bedah lainnya.

Sintesis Penelitian

Hasil systematic review ini konsisten dengan systematic review oleh Ye et al. yang melaporkan bahwa model anatomi berbasis 3D printing secara umum meningkatkan pemahaman anatomi, kemampuan visualisasi spasial, dan hasil belajar dibandingkan metode pembelajaran konvensional. Namun, systematic review tersebut mencakup seluruh area anatomi tanpa berfokus pada pelvis.

Temuan penelitian ini juga sejalan dengan systematic review oleh Brumpton et al. yang menyimpulkan bahwa model hasil 3D printing merupakan media pembelajaran anatomi yang efektif sebagai pelengkap kadaver, terutama untuk struktur anatomi yang kompleks. Akan tetapi, sebagian besar penelitian yang mereka telaah masih berfokus pada anatomi kepala, ekstremitas, dan sistem muskuloskeletal, sedangkan kajian mengenai anatomi pelvis perempuan masih sangat terbatas.

Dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya, systematic review ini memberikan perspektif yang lebih spesifik dengan memfokuskan pembahasan pada aplikasi model anatomi tiga dimensi dalam pendidikan anatomi pelvis perempuan. Sintesis menunjukkan bahwa penggunaan model tidak hanya mendukung pembelajaran anatomi dasar, tetapi juga telah berkembang menuju pembelajaran pemeriksaan ginekologi, simulasi prosedur bedah, serta pelatihan keterampilan klinis. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian yang tersedia masih berupa studi pengembangan model atau evaluasi jangka pendek. Bukti dengan desain eksperimental yang mengevaluasi retensi pengetahuan, transfer keterampilan ke praktik klinis, dan efektivitas jangka panjang masih terbatas. Hal ini menunjukkan masih terdapat peluang penelitian untuk mengembangkan dan mengevaluasi model anatomi pelvis perempuan berbasis 3D printing dalam konteks pendidikan kedokteran dan kebidanan secara lebih komprehensif.

Tabel 2. Hasil Analisis Sistematic Review

N o	Penu lis (Tah un)	Nega ra	Tujuan Penelitian	Desain Penelitian	Karakte ristik Peserta (n)	Model Anatomi 3D	Implementasi dalam Pendidikan	Outcome yang Dievaluas i	Temuan Utama
1	Kiesel et al. (2022)	Jerman	Mengembangkan model anatomi pelvis perempuan berbasis 3D printing untuk mendukung pembelajaran pemeriksaan pelvis ginekologi dan meningkatkan pemahaman anatomi.	Design and Development (Education Innovation)	Mahasiswa kedokteran tahun ke-5 dan ke-6 pada kegiatan <i>skills lab</i> (jumlah peserta tidak dilapork an)	Model anatomi pelvis perempuan ukuran sebenarnya (<i>life-size</i>) yang bersifat modular dan dapat dibongkar-pasang, meliputi tulang pelvis, uterus, serviks, vagina, ovarium, tuba falopi, kandung kemih, uretra, rektum, pembuluh darah, limfonodi, saraf, dan <i>pelvic floor</i> .	Digunakan pada <i>skills lab</i> pemeriksaan pelvis. Mahasiswa mempelajari anatomi melalui perakitan model kemudian menggunakan bersama <i>phantom</i> komersial untuk latihan inspeksi genitalia, penggunaan spekulum, Pap smear, palpasi bimanual, dan pemeriksaan rektovaginal.	Tidak dilakukan evaluasi kuantitatif ; artikel hanya mendeskripsikan potensi penggunaan model sebagai media pembelajaran.	Model dinilai mampu meningkatkan visualisasi anatomi, pemahaman hubungan spasial, pembelajaran aktif, serta membantu menghubungkan struktur anatomi dengan keterampilan pemeriksaan pelvis.
2	Johnson et al. (2025)	Amerika Serikat	Mengembangkan model anatomi <i>pelvic floor</i> berbasis 3D printing sebagai media pembelajaran untuk menjembatani pemahaman mahasiswa dari pembelajaran dua dimensi menuju diseksi anatomi.	Research Report (Education Innovation /Model Development)	Mahasiswa kedokteran tahun pertama pada mata kuliah Clinical Anatomy , Development and Physical Examination di University of Louisville School of Medicine (n = 160).	Model anatomi <i>pelvic floor</i> yang terdiri atas tulang pelvis (sakrum dan os coxae), otot dasar panggul (levator ani, coccygeus, obturator internus), ligamentum sacrospinosa dan sacrotuberosum, membran perineum, nervus pudendus beserta percabangannya, arteri pudenda interna beserta percabanga	Setelah kuliah pelvis dan perineum, mahasiswa dibagi menjadi delapan kelompok (± 20 mahasiswa/kelompok). Setiap kelompok mengikuti tutorial selama ± 20 menit menggunakan model 3D, dilanjutkan dengan eksplorasi mandiri (± 45 menit), kemudian mengikuti sesi diseksi anatomi selama ± 1 jam. Model juga tersedia	Tidak dilakukan evaluasi kuantitatif . Artikel mendeskripsikan penggunaan model sebagai media pembelajaran tambahan (<i>supplemental instructional tool</i>) untuk meningkatkan pemahaman anatomi dasar panggul sebelum diseksi.	Model berfungsi sebagai media transisi antara kuliah teori dan diseksi anatomi. Penulis menyatakan bahwa model membantu mahasiswa memahami hubungan spasial struktur pelvis yang kompleks, terutama hubungan antara otot, ligamen, saraf, dan pembuluh darah yang sulit dipahami melalui

						nnya, serta batas-batas regio urogenital dan anal. Model dikembangkan untuk memberikan visualisasi tiga dimensi hubungan spasial antara struktur muskuloskeletal, ligamen, saraf, dan pembuluh darah pelvis.	untuk pembelajaran mandiri melalui peminjaman serta didukung foto dan video daring.		gambar dua dimensi maupun diseksi saja. Penulis juga menekankan perlunya penelitian lanjutan untuk mengevaluasi efektivitas model terhadap hasil belajar mahasiswa.
3	Chan & Yam (2025)	Singapura	Mengevaluasi kegunaan model anatomi cetak 3D sebagai media pembelajaran bagi peserta pendidikan bedah ortopedi.	Observational cross-sectional study	80 peserta terdiri atas mahasiswa kedokteran (n=21), house officer (n=7), medical officer (n=12), junior resident (n=23), dan senior resident (n=17).	Tujuh jenis model anatomi berbasis CT pasien, yaitu humerus, siku, pergelangan kaki, kalkaneus, lutut, femur, dan pelvis. Model dicetak dalam skala 1:1 dan digunakan untuk memvisualisasikan anatomi serta patologi spesifik pasien sebelum tindakan operasi.	Model digunakan sebelum operasi sebagai media pembelajaran, simulasi, dan perencanaan operasi. Setelah menggunakan model, peserta mengisi kuesioner Likert mengenai pemahaman anatomi, pemahaman kondisi ortopedi, dan retensi pengetahuan anatomi.	(1) Pemahaman anatomi pasien, (2) pemahaman kondisi ortopedi spesifik pasien, (3) retensi pengetahuan anatomi.	Sebanyak 95% peserta memberikan penilaian "setuju" atau "sangat setuju" bahwa model 3D meningkatkan pemahaman anatomi, membantu memahami kondisi ortopedi, serta meningkatkan retensi pengetahuan anatomi. Tidak terdapat perbedaan berdasarkan jenis kelamin. Pengalaman klinis berpengaruh terhadap manfaat yang dirasakan, di mana peserta dengan pengalaman lebih tinggi memperoleh manfaat pembelajaran

									n yang lebih besar. Penulis menyimpulkan bahwa model anatomi 3D merupakan media pembelajaran yang menjanjikan, namun masih diperlukan penelitian dengan desain eksperimental dan outcome objektif. Penggunaan model 3D secara signifikan meningkatkan akurasi klasifikasi pada residen junior (peningkatan sekitar 25%; <i>adjusted p</i> =0,034), tetapi tidak meningkatkan bahkan menurunkan akurasi pada residen senior ketika digunakan bersama modalitas pencitraan lain. Model 3D meningkatkan pemahaman spasial dan minat belajar menurut seluruh peserta, namun membutuhkan waktu klasifikasi yang lebih lama
4	Wan g et al. (2025)	Jerma n & Tiong kok	Mengevaluasi apakah model pelvis hasil 3D printing meningkatkan akurasi klasifikasi cedera cincin pelvis (AO/OTA classification) dibandingkan pencitraan konvensional, serta membandingkan efektivitasnya pada residen ortopedi junior dan senior.	Comparative repeated-measures study	Sebanyak 45 residen ortopedi direkrut, namun hanya 18 peserta yang menyelesaikan seluruh rangkaian penelitian dan dianalisis, terdiri atas 10 residen junior (≤ 5 tahun pengalaman) dan 8 residen senior (> 5 tahun pengalaman).	Model anatomi cincin pelvis (<i>pelvic ring injury</i>) berbasis CT-scan dari 10 kasus pasien. Model digunakan untuk merepresentasikan berbagai pola fraktur pelvis sesuai klasifikasi AO/OTA dan dicetak sebagai replika anatomi tiga dimensi untuk evaluasi pendidikan.	Peserta mengikuti empat putaran evaluasi menggunakan : (1) X-ray + CT 2D, (2) X-ray + CT + rekonstruksi 3D, (3) X-ray + CT + rekonstruksi 3D + model cetak 3D, dan (4) model cetak 3D saja. Pada setiap putaran peserta mengklasifikasi 10 kasus cedera pelvis, kemudian mengisi kuesioner persepsi terhadap penggunaan model 3D.	Akurasi klasifikasi AO/OTA, waktu penyelesaian klasifikasi, serta persepsi peserta terhadap penggunaan model 3D sebagai media pendidikan.	

									dibandingk an penggunaan pencitraan digital saja. Penulis menyimpul kan bahwa manfaat pendidikan model 3D bergantung pada tingkat pengalaman peserta.
5	Burg ade et al. (202 1)	Pranci s	Mengemb angkan model simulasi anatomi pelvis berbasis 3D printing dari data CT-scan pasien untuk meningkat kan pemahama n anatomi dan pelatihan pendekata n bedah pada fraktur pelvis kompleks.	Technical Developm ent Study (Simulatio n Model Developm ent)	Tidak melibatk an peserta peneliti an. Model dikemba ngkan sebagai simulato r untuk mahasis wa bedah dan residen ortopedi.	Model simulasi hemipelvis kanan dengan fraktur kompleks skala 1:2, terdiri atas 33 komponen yang merepresen tasikan tulang pelvis, fragmen fraktur, kandung kemih, otot psoas, dinding otot abdomen, pembuluh darah iliaka, kulit, serta pelat osteosintesi s yang dapat dilepas- pasang sehingga menyerupai kondisi operasi sebenarnya.	Model digunakan sebagai simulator pelatihan tiga pendekatan operasi pelvis (ilio-inguinal, Kocher– Langenbeck, dan Mears/Y approach). Pengguna dapat mempraktikka n identifikasi landmark anatomi, diseksi jaringan, reposisi fragmen fraktur, serta pemasangan pelat osteosintesis sebelum tindakan operasi sebenarnya.	Tidak dilakukan evaluasi kuantitatif . Outcome yang dilaporkan berupa potensi peningkat an pemaham an hubungan spasial anatomi, orientasi anatomi sesuai posisi pasien, serta pelatihan keterampil an bedah melalui simulasi.	Penulis menyimpul kan bahwa model berhasil mereplikasi hubungan anatomi pelvis secara realistis pada berbagai posisi operasi, memungkin kan latihan tiga pendekatan bedah pelvis, meningkatk an visualisasi tiga dimensi anatomi, serta menunjukk an bahwa model berbasis CT-scan dapat menjadi simulator yang murah dan realistis untuk pendidikan bedah. Penulis juga menyaranka n pengemban gan model skala 1:1 untuk meningkatk an realisme pembelajara n.

6	Brechter et al. (2026)	Jermain	Mengembangkan dan mengevaluasi model uterus berbasis 3D printing (MaiSurge) yang realistis dan berbiaya rendah untuk pelatihan serta asesmen keterampilan laparoscopic hysterectomy (TLH).	Prospective nonrandomized controlled trial	30 dokter kandungan terdiri dari 12 novice (<10 TLH dalam 5 tahun terakhir) dan 18 expert (≥10 TLH dalam 5 tahun terakhir).	Model uterus MaiSurge dibuat menggunakan cetakan hasil 3D printing dan material polyvinyl alcohol (PVA) sehingga dapat digunakan dengan electrosurgery. Model mencakup uterus, serviks, vagina, tuba falopi, ovarium, ligamentum, arteri uterina, dan lapisan peritoneum sehingga menyerupai anatomi pelvis perempuan secara realistis.	Setelah menonton video prosedur, seluruh peserta melakukan total laparoscopic hysterectomy (TLH) pada model MaiSurge. Performa dievaluasi menggunakan modified H-OSATS, OSATS, waktu operasi, dan penilaian subjektif terhadap realisme model.	Modified H-OSATS, OSATS, operating time, persepsi peningkatan keterampilan, dan evaluasi realisme model.	Kelompok expert memperoleh skor H-OSATS lebih tinggi (74,0 vs 60,3; p=0,049), skor OSATS lebih tinggi (p<0,001), dan waktu operasi jauh lebih singkat (37,5 vs 69,5 menit; p<0,001). Sebanyak 92% peserta novice melaporkan peningkatan keterampilan setelah menggunakan model, dan seluruh peserta merekomendasikan integrasi MaiSurge ke dalam kurikulum pelatihan bedah ginekologi.
7	Yan et al. (2023)	Tiongkok	Mengevaluasi efektivitas model anatomi pelvis berbasis 3D printing dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa kedokteran mengenai klasifikasi dan mekanisme fraktur pelvis.	Randomized Controlled Trial (RCT)	100 mahasiswa kedokteran tahun ke-4 program pendidikan kedokteran 5 tahun. Peserta diacak menjadi kelompok kontrol (X-ray + CT) dan kelompok intervensi (X-ray + CT + model 3D), masing-	Delapan model fraktur pelvis dicetak menggunakan data CT-scan pasien dengan teknologi 3D printing. Model merepresentasikan berbagai tipe fraktur menurut klasifikasi Young-Burgess dan digunakan sebagai media visualisasi serta	Seluruh peserta terlebih dahulu mengikuti kuliah selama 50 menit mengenai anatomi pelvis, klasifikasi Young-Burgess, dan mekanisme fraktur. Setelah itu, kelompok intervensi mempelajari delapan kasus menggunakan X-ray, CT, 3D, sedangkan kelompok kontrol hanya	Akurasi klasifikasi Young-Burgess, akurasi identifikasi mekanisme cedera, waktu penyelesaian evaluasi, serta persepsi mahasiswa terhadap pembelajaran menggunakan model 3D.	Kelompok 3D printing menunjukkan akurasi klasifikasi fraktur yang lebih tinggi dibanding kontrol (68% vs 26%; p<0,0001), akurasi identifikasi mekanisme cedera yang lebih baik (66% vs 36%; p=0,003), serta waktu evaluasi yang lebih singkat (191,8 ± 37,8 detik vs 238,6 ±

masing 50 mahasiswa.	manipulasi langsung oleh mahasiswa.	menggunakan X-ray dan CT. Selanjutnya dilakukan evaluasi kemampuan klasifikasi fraktur, identifikasi mekanisme cedera, waktu penyelesaian, serta survei persepsi.	44,5 detik; p<0,0001). Sebanyak 85% mahasiswa menyatakan model 3D membantu memahami fraktur pelvis, 89% menyatakan model meningkatkan pemahaman mekanisme cedera, dan 93% ingin menggunakan model serupa pada mata kuliah bedah lainnya.
----------------------------	--	--	---

Pembahasan

Perkembangan Penggunaan Model Anatomi Berbasis Three Dimensional Printing dalam Pendidikan

Hasil systematic review ini menunjukkan bahwa pemanfaatan model anatomi berbasis *three-dimensional (3D) printing* dalam pendidikan anatomi mengalami perkembangan yang cukup pesat dalam lima tahun terakhir. Dari tujuh artikel yang dianalisis, penggunaan model 3D tidak lagi terbatas sebagai media visualisasi anatomi, tetapi telah berkembang menjadi media pembelajaran interaktif, simulasi keterampilan klinis, hingga pelatihan prosedur bedah. Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa teknologi 3D printing mulai diintegrasikan ke dalam berbagai tahapan pendidikan kedokteran, mulai dari fase preklinik hingga pendidikan spesialis.

Dua penelitian yang dilakukan oleh Kiesel et al. (2022) dan Johnson et al. (2025) berfokus pada pengembangan model anatomi pelvis perempuan dan *pelvic floor* sebagai media pembelajaran anatomi dasar. Kedua penelitian tersebut menekankan bahwa model anatomi tiga dimensi berfungsi sebagai media pembelajaran tambahan (*supplementary learning tool*) yang membantu mahasiswa memahami hubungan spasial antarstruktur anatomi sebelum melakukan diseksi maupun praktik pemeriksaan pelvis. Pendekatan ini menunjukkan bahwa model hasil 3D printing tidak dimaksudkan untuk menggantikan kadaver, melainkan melengkapi metode pembelajaran konvensional.

Hasil tersebut sejalan dengan systematic review oleh Ye et al. (2020) dan Brumpton et al. (2023) yang melaporkan bahwa penggunaan model anatomi berbasis 3D printing semakin luas dalam pendidikan kedokteran. Namun, kedua systematic review tersebut mengkaji seluruh area anatomi tanpa membahas secara khusus anatomi pelvis perempuan. Oleh karena itu, systematic review ini memberikan informasi yang lebih spesifik mengenai perkembangan aplikasi model anatomi tiga dimensi pada pendidikan anatomi pelvis perempuan.

Efektivitas Model Three Dimensional Printing terhadap Pembelajaran Anatomi

Pada penelitian pengembangan model oleh Kiesel et al. (2022) dan Johnson et al. (2025), manfaat model dijelaskan secara deskriptif berdasarkan implementasi dalam kegiatan pembelajaran. Kedua penelitian melaporkan bahwa model anatomi membantu mahasiswa memahami hubungan spasial antarstruktur pelvis yang sulit divisualisasikan melalui atlas maupun gambar dua dimensi. Akan tetapi, kedua penelitian tersebut belum mengevaluasi peningkatan hasil belajar secara objektif sehingga belum dapat membuktikan efektivitas model secara kuantitatif.

Pada penelitian Chan dan Yam (2025) mulai mengevaluasi persepsi peserta terhadap penggunaan model anatomi 3D. Sebagian besar peserta menyatakan bahwa model meningkatkan pemahaman anatomi, pemahaman kondisi ortopedi, serta retensi pengetahuan. Walaupun demikian, outcome penelitian masih bersifat subjektif karena hanya menggunakan kuesioner persepsi.

Bukti yang lebih kuat diperoleh dari penelitian Wang et al. (2025) dan Yan et al. (2023). Wang et al. melaporkan bahwa model anatomi 3D secara signifikan meningkatkan akurasi klasifikasi cedera cincin pelvis pada residen junior, sedangkan manfaat tersebut tidak ditemukan pada residen senior. Temuan ini mengindikasikan bahwa efektivitas model anatomi dipengaruhi oleh tingkat pengalaman peserta. Peserta dengan pengalaman klinis yang lebih rendah memperoleh manfaat lebih besar dibandingkan peserta yang telah memiliki pengalaman luas.

Penelitian dengan kualitas metodologi tertinggi ditemukan pada Yan et al. (2023) melalui desain *randomized controlled trial*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa mahasiswa yang belajar menggunakan model anatomi tiga dimensi memiliki akurasi klasifikasi fraktur dan pemahaman mekanisme cedera yang lebih tinggi dibandingkan kelompok yang hanya menggunakan radiografi dan CT-scan. Selain itu, kelompok intervensi juga menyelesaikan evaluasi dalam waktu yang lebih singkat serta menunjukkan tingkat kepuasan belajar yang lebih tinggi. Temuan ini memperkuat bukti bahwa model anatomi tiga dimensi mampu meningkatkan kualitas pembelajaran anatomi melalui visualisasi yang lebih nyata.

Pada konteks pendidikan prosedural, Brechter et al. (2026) menunjukkan bahwa simulator uterus berbasis 3D printing mampu membedakan performa peserta novice dan expert berdasarkan skor H-OSATS, OSATS, dan waktu operasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa model anatomi tiga dimensi tidak hanya bermanfaat pada pembelajaran anatomi dasar, tetapi juga efektif sebagai media pelatihan keterampilan klinis dan bedah.

Implikasi terhadap Pendidikan Kedokteran dan Kebidanan

Hasil systematic review ini menunjukkan bahwa model anatomi berbasis 3D printing memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam pendidikan kedokteran maupun kebidanan. Pada pendidikan kedokteran, model dapat digunakan sebagai pelengkap pembelajaran anatomi, pemeriksaan pelvis, simulasi prosedur bedah, maupun pelatihan keterampilan klinis. Penggunaan model ini berpotensi meningkatkan kesiapan mahasiswa sebelum berhadapan dengan pasien maupun sebelum melakukan diseksi kadaver.

Di sisi lain, hasil review juga menunjukkan bahwa penelitian mengenai penggunaan model anatomi pelvis perempuan pada pendidikan kebidanan masih sangat terbatas. Seluruh penelitian yang diidentifikasi melibatkan mahasiswa kedokteran, residen ortopedi, atau dokter spesialis obstetri dan ginekologi. Belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengevaluasi efektivitas model anatomi pelvis perempuan berbasis 3D printing pada mahasiswa kebidanan.

Pemahaman anatomi pelvis merupakan kompetensi fundamental dalam pendidikan kebidanan. Anatomi pelvis berperan penting dalam pembelajaran mekanisme persalinan, pemeriksaan pelvis, pemeriksaan vaginal, pemasangan alat kontrasepsi dalam rahim, penatalaksanaan kegawatdaruratan obstetri, serta berbagai prosedur klinis lainnya. Oleh karena itu, pengembangan dan evaluasi model anatomi pelvis perempuan berbasis 3D printing pada pendidikan kebidanan menjadi peluang penelitian yang sangat potensial, khususnya di Indonesia.

Selain itu, model anatomi berbasis 3D printing juga berpotensi menjadi alternatif pembelajaran bagi institusi pendidikan yang memiliki keterbatasan akses terhadap kadaver maupun model anatomi komersial. Dengan semakin berkembangnya teknologi pencetakan tiga dimensi dan menurunnya biaya produksi, model anatomi yang dikembangkan secara lokal dapat menjadi solusi yang lebih ekonomis sekaligus sesuai dengan kebutuhan kurikulum.

Keterbatasan dan Rekomendasi Penelitian

Systematic review ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah artikel yang memenuhi kriteria inklusi masih relatif sedikit, menunjukkan bahwa penelitian mengenai penggunaan model anatomi 3D printing pada anatomi pelvis perempuan masih terbatas. Kedua, sebagian besar penelitian merupakan studi pengembangan model sehingga bukti mengenai efektivitas pembelajaran masih terbatas. Ketiga, outcome yang dievaluasi antarpelelitian cukup beragam, mulai dari persepsi peserta, pemahaman anatomi, hingga keterampilan bedah, sehingga tidak memungkinkan dilakukan meta-analisis.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian selanjutnya perlu mengembangkan desain penelitian yang lebih kuat, seperti *randomized controlled trial* atau studi multisenter dengan ukuran sampel yang lebih besar. Selain itu, diperlukan penelitian yang mengevaluasi retensi pengetahuan jangka panjang, efektivitas biaya (*cost-effectiveness*), serta penerapan model anatomi pelvis perempuan pada mahasiswa kebidanan dan profesi kesehatan lainnya. Penelitian yang membandingkan model anatomi 3D printing dengan kadaver, *virtual reality*, atau *augmented reality* juga diperlukan untuk menentukan media pembelajaran yang paling efektif pada pendidikan anatomi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Systematic review ini menunjukkan bahwa model anatomi berbasis *three dimensional* (3D) *printing* merupakan media pembelajaran yang potensial dalam pendidikan anatomi pelvis. Berdasarkan tujuh artikel yang dianalisis, model 3D telah diaplikasikan pada pembelajaran anatomi dasar, pemeriksaan pelvis, simulasi prosedur bedah, hingga pelatihan keterampilan klinis. Sebagian besar penelitian melaporkan bahwa penggunaan model anatomi 3D mampu meningkatkan visualisasi hubungan spasial antarstruktur pelvis, mempermudah pemahaman anatomi yang kompleks, meningkatkan keterlibatan peserta didik, serta memberikan manfaat terhadap proses pembelajaran. Penelitian dengan desain eksperimental juga menunjukkan bahwa model 3D dapat meningkatkan hasil belajar, seperti akurasi identifikasi anatomi dan klasifikasi fraktur pelvis, terutama pada peserta didik dengan pengalaman klinis yang masih terbatas.

Meskipun demikian, penelitian mengenai penggunaan model anatomi 3D pada anatomi pelvis perempuan masih relatif terbatas dan sebagian besar masih berupa studi pengembangan model. Selain itu, belum ditemukan penelitian yang mengevaluasi efektivitas model tersebut pada pendidikan kebidanan maupun penelitian dengan evaluasi jangka panjang terhadap retensi pengetahuan dan keterampilan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan desain

yang lebih kuat, seperti *randomized controlled trial* atau studi multisenter, untuk mengevaluasi efektivitas model anatomi pelvis perempuan berbasis 3D printing pada berbagai jenjang pendidikan kesehatan. Pengembangan model yang lebih realistis dan mudah diakses juga diharapkan dapat mendukung inovasi pembelajaran anatomi di institusi pendidikan kedokteran dan kebidanan.

DAFTAR REFERENSI

- Al-Rubaie A. From cadavers to codes: the evolution of anatomy education through digital technologies. *Med Sci Educ.* 2024;35(2):1101-1109. doi:10.1007/s40670-024-02268-6.
- Asghar A, Naaz S, Patra A, Ravi KS, Khanal L. Effectiveness of 3D-printed models prepared from radiological data for anatomy education: a meta-analysis and trial sequential analysis of 22 randomized, controlled, crossover trials. *J Educ Health Promot.* 2022;11:353.
- Brechter C, et al. Developing a realistic and cost-effective training model (MaiSurge) for laparoscopic hysterectomies to train and assess surgical skill. *Arch Gynecol Obstet.* 2026.
- Brumpt E, Bertin E, Tatu L, Louvrier A. 3D printing as a pedagogical tool for teaching normal human anatomy: a systematic review. *BMC Med Educ.* 2023;23:871. doi:10.1186/s12909-023-04865-4.
- Burgade V, Bonneville P, Mansat P, et al. Use of 3D printing as a simulation tool for trauma surgery of the pelvis. *3D Print Med.* 2021.
- Chan JYK, Yam A. Three-dimensional printed anatomical models as an educational tool for orthopaedic surgical trainees: a single institution experience. *J Orthop Surg.* 2025.
- Chatha WA. From scalpel to simulation: reviewing the future of cadaveric dissection in the upcoming era of virtual and augmented reality and artificial intelligence. *Cureus.* 2024;16(10):e71578. doi:10.7759/cureus.71578.
- Johnson M, Davis B, Guillot G, Brueckner-Collins J, et al. Creating a novel 3D-printed model for teaching pelvic floor anatomy. *Anat Sci Educ.* 2025;18(11):1196-1202. doi:10.1002/ase.70101.
- Kiesel M, Beyers I, Kalisz A, Joukhar R, Wöckel A, Herbert SL, Curtaz C, Wulff C. A 3D printed model of the female pelvis for practical education of gynecological pelvic examination. *3D Print Med.* 2022;8:13. doi:10.1186/s41205-022-00139-7.
- Standring S, editor. *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice.* 42nd ed. London: Elsevier; 2020.
- Using three-dimensional printing in the teaching and learning of human anatomy: an integrative literature review. *Res Soc Dev.* 2023;12(9):e12712943270. doi:10.33448/rsd-v12i9.43270.
- Wang C, Stöckle U, Dong S, Meng C, Tong F, Ling Z, Back DA. Experience-stratified efficacy of 3D printed models in assisting orthopedic residents with pelvic ring injury classification: a comparative analysis. *J Orthop Surg Res.* 2025;20:1073. doi:10.1186/s13018-025-06479-4.

- Ward S, Maresse S, Sun Z. Three-dimensional-printed models: a novel approach to ultrasound education of the placental cord insertion site. *Appl Sci.* 2025;15(15):8221. doi:10.3390/app15158221.
- Yan M, Huang J, Ding M, Song D, et al. Three-dimensional printing model enhances correct identification and understanding of pelvic fracture in medical students. *J Surg Educ.* 2023;80(4). doi:10.1016/j.jsurg.2022.12.014.
- Ye Z, Dun A, Jiang H, Bai S, Wang T, Zhai J, Yi S. The role of 3D printed models in the teaching of human anatomy: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med Educ.* 2020;20:335. doi:10.1186/s12909-020-02242-x.
- Yuen J. What is the role of 3D printing in undergraduate anatomy education? a scoping review of current literature and recommendations. *Med Sci Educ.* 2020;30:1321-1329. doi:10.1007/s40670-020-01031-2.