

DOI: <http://dx.doi.org/10.33846/2trik12409>**Multimedia Interaktif Berbasis Komputer sebagai Media Alternatif dalam Pembelajaran Anatomi****Sindhu Wisesa**Departemen Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Jenderal Soedirman; sindhu.wisesa@unsoed.ac.id
(koresponden)**ABSTRACT**

Computer-based interactive multimedia such as 3D atlases, augmented reality (AR), and virtual reality (VR) have recently been introduced for teaching anatomy alongside conventional methods that use lectures with 2D illustrated atlases or 3D anatomical models. In this review, the advantages and limitations of computer-based interactive multimedia in learning anatomy were explained systematically. Articles containing the use of interactive multimedia in learning anatomy were identified from Pubmed and selected articles published in the last ten years (2013-2022). Articles that fit the focus of the review were then screened and a total of nine articles met the inclusion criteria in this systematic review. All articles in the review agree that learning using computer-based interactive multimedia increases anatomical knowledge on a par with conventional methods. New technologies including 3D atlases, AR, and VR significantly increase motivation, interest, attention, engagement, and enjoyment in learning anatomy compared to conventional methods. However, these new technologies, especially VR, induce mild discomfort in some users and are out of reach in all learning centers due to higher costs than conventional methods. It can be concluded that computer-based interactive multimedia is recommended to be applied to certain learning centers as an alternative medium in teaching anatomy to accompany traditional methods.

Keywords: *anatomy learning; interactive multimedia; computer based application*

ABSTRAK

Multimedia interaktif berbasis komputer seperti atlas 3D, *augmented reality* (AR), dan *virtual reality* (VR) belakangan ini diperkenalkan untuk pembelajaran anatomi mendampingi metode konvensional yang menggunakan kuliah dengan atlas bergambar 2D atau model anatomi 3D. Dalam *review* ini, keunggulan dan keterbatasan multimedia interaktif berbasis komputer pada pembelajaran anatomi dijelaskan secara sistematis. Artikel yang berisi tentang penggunaan multimedia interaktif dalam pembelajaran anatomi diidentifikasi dari Pubmed dan dipilih artikel yang dipublikasi dalam sepuluh tahun terakhir (2013-2022). Artikel yang sesuai dengan fokus *review* kemudian dilakukan *screening* dan sejumlah sembilan artikel memenuhi kriteria inklusi dalam *review* sistematis ini. Seluruh artikel dalam *review* sepakat menunjukkan bahwa pembelajaran menggunakan multimedia interaktif berbasis komputer meningkatkan pengetahuan anatomi setara dengan metode konvensional. Teknologi baru termasuk atlas 3D, AR, dan VR secara signifikan meningkatkan motivasi, ketertarikan, atensi, keterlibatan, dan kesenangan dalam pembelajaran anatomi dibandingkan dengan metode konvensional. Walaupun demikian, teknologi baru ini, khususnya VR, menginduksi ketidaknyamanan ringan pada sebagian pengguna dan tidak terjangkau pada seluruh pusat pembelajaran karena harga yang lebih mahal daripada metode konvensional. Dapat disimpulkan bahwa multimedia interaktif berbasis komputer direkomendasikan untuk diaplikasikan pada pusat pembelajaran tertentu sebagai media alternatif dalam pembelajaran anatomi mendampingi metode tradisional.

Kata kunci: pembelajaran anatomi; multimedia interaktif; aplikasi berbasis komputer

PENDAHULUAN

Anatomi manusia merupakan salah satu cabang ilmu utama dalam bidang kedokteran dan kesehatan yang penting dipelajari untuk memahami struktur tubuh manusia. ^(1,2) Sejak masa Renaisans, kadaver atau jasad manusia yang diawetkan telah digunakan dalam pembelajaran anatomi karena dapat digunakan untuk mempelajari organ manusia secara mendetail. ^(3,4) Jasad manusia yang tidak diawetkan sebenarnya merupakan cara paling baik untuk belajar anatomi, tetapi metode tersebut tidak praktis karena harus melakukan diseksi pada setiap proses pembelajaran dan berpotensi terjadi pembusukan. ^(3,5) Kadaver yang diawetkan dan telah dilakukan diseksi menjadi pilihan pembelajaran anatomi saat ini dimana hampir setiap pusat pembelajaran anatomi menggunakannya. Penelitian oleh Triepels *et al.* ⁽⁶⁾ menyebutkan bahwa penggunaan kadaver yang diawetkan meningkatkan pemahaman pelajar dalam mempelajari struktur detail anatomi tubuh manusia.

Penggunaan kadaver sebagai media pembelajaran memiliki kekurangan yang diakibatkan oleh penggunaan larutan pengawet. Salah satu larutan yang paling sering digunakan untuk mengawetkan kadaver adalah formalin yang mengandung 37-40% formaldehid. Formaldehid memiliki sifat mudah menguap pada suhu ruang dan bau yang menyengat. Selain itu, formalin mengakibatkan diskolorisasi organ karena oksidasi dan penyusutan organ karena dehidrasi.^(3,7,8) Bukti menunjukkan formaldehid meningkatkan risiko terjadinya kanker dalam paparan jangka panjang. Sedangkan pada paparan jangka pendek, formaldehid menyebabkan iritasi pada mata dan saluran nafas.^(9,10) Sebagai tambahan, sebagian besar kadaver didapatkan dari jasad yang tidak dikenali identitasnya yang saat ini semakin sulit ditemukan.^(4,5)

Selain kadaver, pembelajaran anatomi secara konvensional dilakukan melalui rangkaian kuliah disertai buku dan atlas anatomi berisi gambar 2-dimensi (2D). Dalam sesi praktikum, model anatomi 3-dimensi (3D) yang terbuat dari plastik juga umum digunakan mendampingi kadaver. Metode konvensional tersebut digunakan di berbagai fakultas kedokteran dan kesehatan karena relatif terjangkau dan mudah didapatkan di pasar.^(4,11,12) Walaupun telah menggunakan berbagai macam media, anatomi masih menjadi ilmu yang sulit dipelajari bagi sebagian pelajar karena struktur tubuh manusia yang kompleks dan detail yang memiliki nama dan fungsi spesifik.⁽¹³⁾ Model anatomi plastik 3D membantu pelajar untuk memahami letak organ tetapi tidak dapat digunakan untuk mempelajari detail struktur anatomi. Buku dan atlas anatomi 2D membantu pelajar untuk mempelajari anatomi secara mandiri karena akses terhadap kadaver dan model 3D yang terbatas. Selain itu, buku dan atlas anatomi 2D juga memberikan informasi mendetail mengenai struktur tubuh sehingga dapat digunakan dalam memahami anatomi manusia secara mendalam.⁽¹⁴⁾ Akan tetapi, tidak semua pelajar mampu memahami ilmu anatomi menggunakan buku dan atlas 2D, sehingga diperlukan metode pembelajaran lain yang dapat menanggulangi keterbatasan metode belajar konvensional.⁽¹³⁾

Dewasa ini komputer menjadi perangkat yang umum digunakan pada setiap kantor dan rumah di perkotaan. Berbagai macam pekerjaan dan hiburan dalam komputer membiasakan interaksi antara manusia dengan mesin. Bahkan, saat ini penggunaan ponsel pintar (*smartphone*), yang juga memiliki sistem operasi seperti komputer, menjadi barang kebutuhan utama bagi sebagian besar masyarakat kota. Perkembangan teknologi ini mencetuskan diciptakannya media pembelajaran interaktif berbasis komputer yang mendorong pelajar untuk belajar mandiri tanpa diperlukan pendampingan yang intens.⁽¹⁵⁾ Dalam dekade terakhir, banyak fakultas kedokteran dan kesehatan yang mulai menggunakan pembelajaran multimedia interaktif berbasis komputer dalam pembelajaran anatomi menggantikan metode konvensional. Secara umum, penggunaan multimedia interaktif berbasis komputer yang saat ini dikembangkan dalam pembelajaran anatomi meliputi atlas anatomi 3-dimensi (3D), *augmented reality* (AR), dan *virtual reality* (VR).⁽¹⁶⁾

Penggunaan atlas anatomi 3D membantu pelajar untuk melihat struktur anatomi dari berbagai posisi. Pelajar juga dapat berinteraksi dengan program yang ditawarkan dengan memanipulasi sudut pandang, memberikan catatan, memberikan tanda pada struktur yang penting, atau mengikuti kuis interaktif. Peningkatan interaksi semakin baik dengan menggunakan teknologi AR dimana struktur anatomi 3D dapat dilihat dengan latar belakang yang nyata menggunakan ponsel pintar. Penggunaan teknologi AR diharapkan dapat membuat proses pembelajaran menjadi lebih mudah dan menyenangkan karena pelajar dapat mempelajari posisi organ sembari membaca deskripsi organ tersebut dalam buku. Akan tetapi, walaupun menggunakan gambar 3D, seluruh gambar pada teknologi atlas 3D dan AR terpampang pada layar 2D.^(17,18)

Teknologi VR menjawab permasalahan yang dihadapi pada penggunaan atlas 3D dan AR. VR menggunakan perangkat yang melekat pada wajah sehingga membuat pemakai melihat gambar dengan perspektif yang mirip dengan mata mereka. Teknologi VR juga dilengkapi dengan perangkat yang melekat pada tangan untuk melakukan manipulasi dalam program seperti menggunakan tangan sendiri. Penggunaan VR dalam pembelajaran anatomi membuat pelajar dapat melihat suatu organ secara 3D dari seluruh sudut pandang dan memanipulasi struktur pada gambar tersebut. Baik atlas 3D, AR, dan VR membantu pelajar memahami struktur anatomi lapis demi lapis serta mempelajari letak dan posisi anatomi manusia secara menyeluruh.⁽¹⁶⁾

Teknologi multimedia interaktif berbasis komputer masih dalam proses pengembangan dan belum dapat dijangkau oleh seluruh pusat pembelajaran anatomi. Salah satu kekurangan teknologi ini adalah detail struktur yang belum dapat dibandingkan dengan struktur pada manusia hidup ataupun kadaver. Sebagai tambahan, pelajar tidak dapat memegang preparat yang umum dilakukan pada penggunaan kadaver maupun model 3D yang penting untuk memberikan pemahaman spasial bagi pelajar. Program atlas anatomi 3D dan AR serta perangkat VR juga masih relatif mahal dan baru dapat dijangkau sebagian pusat pembelajaran anatomi. Selain itu penggunaan media berbasis komputer mengurangi interaksi antar pelajar yang lazim terjadi pada sistem pembelajaran konvensional.^(4,6,13,16)

Systematic review ini bertujuan untuk menjelaskan keunggulan dan keterbatasan penggunaan teknologi multimedia interaktif berbasis komputer dalam pembelajaran anatomi dibandingkan dengan metode konvensional berdasarkan penelitian yang telah dipublikasi.

METODE

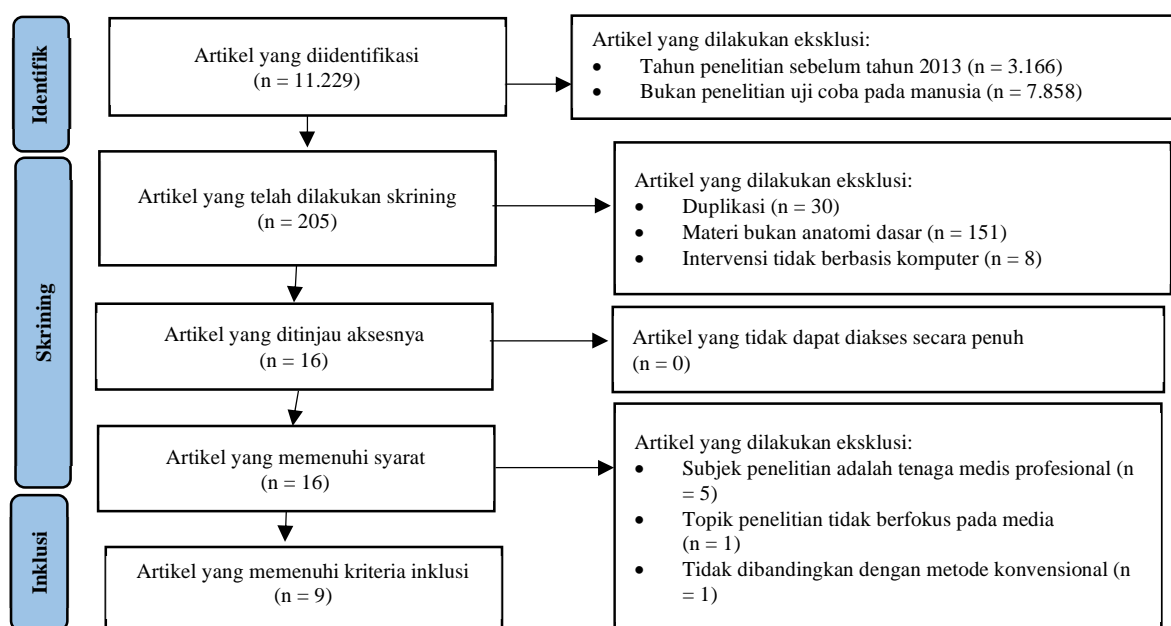
Proses *review* literatur dilakukan dengan panduan diagram *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA) tahun 2020 yang meliputi: identifikasi, skrining, dan inklusi.⁽¹⁹⁾ Proses skrining dimulai dengan pencarian artikel melalui *database* Pubmed dengan topik penggunaan multimedia interaktif berbasis komputer. Frase yang digunakan dalam proses pencarian adalah: “*anatomy learning multimedia*”, “*anatomy learning interactive*”, “*anatomy learning technology*”, dan “*interactive multimedia technology for anatomy learning*” tanpa disertai tanda kutip dari setiap pencariannya.

Proses skrining pertama dilakukan dengan pembatasan waktu publikasi dari tahun 2013 sampai dengan 2022. Selanjutnya, artikel dilakukan skrining lebih lanjut dengan memasukkan penelitian *original* dan mengeluarkan penelitian yang tidak menggunakan data primer pada subjek manusia, termasuk *systematic review* dan meta-analisis. Tahap skrining berikutnya adalah telaah berdasarkan judul dan abstrak yang sesuai dengan tujuan *review* serta memilah artikel yang dapat diakses secara penuh. Proses skrining terakhir adalah dengan membaca artikel secara menyeluruh dengan mempertimbangkan tujuan dan metode yang digunakan dalam penelitian tersebut.

Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dalam *review* adalah uji coba pada subjek pelajar dalam pembelajaran anatomi menggunakan multimedia interaktif berbasis komputer. Sehingga artikel yang dilakukan eksklusi dalam *review* ini meliputi artikel yang menggunakan model tidak berbasis komputer seperti *printer 3D*, subjek penelitian dalam artikel merupakan tenaga medis profesional termasuk residen, dan metode pembelajaran dalam artikel tidak berfokus pada materi anatomi dasar seperti untuk endoskopi, pembedahan, atau anatomi mikro. Seluruh artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi ditelaah dalam *systematic review* ini.

Berdasarkan hasil proses seleksi, 11.229 artikel diidentifikasi dari situs *database*. Sejumlah 3.166 artikel dilakukan eksklusi karena dipublikasi di luar tahun 2013-2022 dan 7.858 artikel dilakukan eksklusi karena bukan merupakan penelitian uji coba pada manusia. Dari 205 artikel yang telah dilakukan skrining, ditemukan 30 duplikasi, 151 artikel tidak meneliti bidang pembelajaran anatomi dasar, dan 8 artikel tidak menggunakan multimedia berbasis komputer. Seluruh artikel dapat diakses secara penuh sehingga didapatkan 16 artikel yang dapat dilakukan *review*. Setelah seluruh teks ditelaah, 7 artikel dilakukan eksklusi karena subjek penelitian adalah tenaga medis profesional yang telah melalui pembelajaran anatomi secara lengkap, fokus penelitian bukan pada media yang digunakan, atau tidak dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Dari proses seleksi tersebut didapatkan 9 artikel yang dilakukan *review*. Alur penelitian dan proses seleksi artikel dapat dilihat pada Gambar 1.

Studi ini tidak memerlukan *ethical clearance* karena tidak menggunakan subjek manusia atau hewan.



Gambar 1. Diagram alir *systematic review*

HASIL

Dari total 9 artikel yang memenuhi inklusi, sebagian besar artikel dipublikasi pada tahun 2020. Seluruh artikel menggunakan desain penelitian uji coba dengan randomisasi pada subjek manusia tanpa penyamaran. Metode intervensi yang digunakan meliputi video interaktif, atlas anatomi 3D, AR, dan VR. Adapun penilaian yang digunakan meliputi aspek pengetahuan anatomi dan persepsi terhadap intervensi yang dilakukan. Sebagian peneliti menambahkan topik analisis lain seperti: retensi pengetahuan yang didapatkan setelah intervensi, penilaian performa diseksi kadaver, kemampuan visual-spasial, dan efek samping intervensi. Hasil *review* artikel secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *review* artikel

Penulis	Desain	Metode	Penilaian	Hasil	Kesimpulan
Khot <i>et al.</i> , 2013. ⁽²⁰⁾	Uji coba dengan randomisasi pada 60 subjek penelitian yang dibagi menjadi tiga kelompok.	Pembelajaran struktur anatomi pelvis selama 10 menit dengan: model anatomi plastik 3D, foto model anatomi, dan VR dari rekonstruksi <i>CT-scan</i> .	Penilaian pengetahuan anatomi dengan uji identifikasi nominal dan fungsional menggunakan preparat kadaver pelvis.	Kelompok model 3D menunjukkan hasil nilai uji nominal yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok lain ($p < 0.001$) tetapi tidak berbeda dalam uji identifikasi fungsional ($p > 0.05$).	Pembelajaran anatomi menggunakan model anatomi 3D menunjukkan hasil yang lebih baik daripada VR.
Stepan <i>et al.</i> , 2017. ⁽²¹⁾	Uji coba dengan randomisasi pada 66 subjek penelitian yang dibagi menjadi dua kelompok.	Pembelajaran struktur anatomi sistem saraf selama 20 menit dengan: buku teks anatomi bergambar 2D (kontrol) dan VR 3D dilengkapi dengan panduan video (VR).	Penilaian pengetahuan anatomi menggunakan pilihan ganda pada <i>pretest</i> , <i>posttest</i> , dan uji retensi (8 minggu setelah intervensi). Penilaian pengalaman dan motivasi dengan survei kuesioner setelah intervensi.	Tidak ditemukan perbedaan bermakna dalam pengetahuan anatomi (<i>posttest</i>) dan uji retensi pada seluruh jenis intervensi ($p > 0.05$). Kelompok VR memiliki nilai keterlibatan, kesenangan, motivasi, atensi, dan kepuasan yang lebih tinggi dibanding kontrol ($p < 0.01$).	Pembelajaran anatomi menggunakan VR meningkatkan pengetahuan anatomi setara dengan buku teks. VR meningkatkan keterlibatan, kesenangan, motivasi, atensi, dan kepuasan pelajar dibandingkan dengan buku teks.
Bogomolova <i>et al.</i> , 2020. ⁽²²⁾	Uji coba dengan randomisasi pada 58 subjek penelitian yang dibagi menjadi tiga kelompok.	Pembelajaran struktur anatomi sistem muskuloskeletal selama 45 menit dengan: atlas 2-dimensi (2D) disertai panduan, atlas 3D dalam layar komputer 2D, dan aplikasi AR 3D.	Penilaian kemampuan visual-spasial dengan <i>Mental Rotation Test</i> (MRT). Penilaian pengetahuan anatomi menggunakan kombinasi mencocokkan jawaban dan pertanyaan terbuka (<i>pretest</i> dan <i>posttest</i>). Penilaian pengalaman belajar menggunakan kuesioner.	Kelompok AR 3D memiliki nilai MRT lebih tinggi daripada atlas 3D tetapi tidak signifikan ($p > 0.05$). Nilai pengetahuan kelompok atlas 2D lebih baik daripada atlas 3D ($p < 0.05$) dan setara dengan AR 3D ($p > 0.05$). Kelompok AR menunjukkan tingkat kesenangan yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok lain ($p < 0.05$).	Pembelajaran anatomi menggunakan media AR 3D diterima dengan baik oleh pelajar dan berpotensi membantu pelajar yang memiliki kemampuan visual-spasial yang rendah.
Kurul <i>et al.</i> , 2020. ⁽²³⁾	Uji coba dengan randomisasi pada 72 subjek penelitian yang dibagi menjadi dua kelompok.	Pembelajaran struktur anatomi kepala dan leher selama 30 menit dalam presentasi dengan: gambar dari VR (kontrol) dan VR.	Penilaian pengetahuan anatomi menggunakan pilihan ganda (<i>pretest</i> dan <i>posttest</i>). Efek samping VR dinilai menggunakan kuesioner setelah intervensi.	Kelompok VR menunjukkan peningkatan pengetahuan dan efek samping dibandingkan dengan kontrol ($p < 0.001$). Efek samping VR berupa pusing, mata lelah, dan ketidaknyamanan secara umum.	VR dapat menjadi metode alternatif dalam pembelajaran anatomi.
Weeks <i>et al.</i> , 2021. ⁽²⁴⁾	Uji coba dengan randomisasi	Pembelajaran struktur anatomi kepala dan leher	Penilaian pengetahuan anatomi	Tidak didapatkan perbedaan nilai <i>posttest</i> secara bermakna	AR 3D meningkatkan pengetahuan

Penulis	Desain	Metode	Penilaian	Hasil	Kesimpulan
	pada 30 subjek penelitian yang dibagi menjadi dua kelompok.	selama 60 menit dengan: atlas anatomi 2D dalam komputer dan AR 3D.	menggunakan ujian dengan tipe <i>National Board of Medical Examiners (NBME)</i> pada <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> .	diantara kedua kelompok ($p>0.05$). Kedua kelompok menunjukkan peningkatan nilai sebelum dan setelah intervensi ($p<0.001$) di mana AR 3D memiliki peningkatan yang lebih baik.	anatomi lebih baik dibandingkan atlas anatomi 2D.
Gnanasegaram, <i>et al.</i> , 2020. ⁽²⁵⁾	Uji coba dengan randomisasi pada 29 subjek penelitian yang dibagi menjadi tiga kelompok.	Pembelajaran struktur anatomi model 3D telinga selama 30 menit dengan: <i>didactic lecture (DL)</i> atau kuliah, <i>computer module (CM)</i> atau modul dalam komputer, dan 3D <i>holographic (HG)</i> atau model holografik 3D.	Penilaian pengetahuan anatomi menggunakan pilihan ganda (<i>pretest</i> dan <i>posttest</i>). Penilaian kepuasan, keterlibatan, dan efektivitas intervensi menggunakan kuesioner setelah intervensi.	Tidak ditemukan perbedaan bermakna dalam pengetahuan anatomi dan kepuasan pada seluruh jenis intervensi ($p>0.05$). Kelompok HG memiliki keterlibatan dan nilai efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan DL dan CM ($p<0.001$).	Pembelajaran anatomi menggunakan model holografik 3D memiliki efektivitas dan keterlibatan yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional.
Rodriguez-López <i>et al.</i> , 2020. ⁽²⁶⁾	Uji coba dengan randomisasi pada 62 subjek penelitian yang dibagi menjadi tiga kelompok.	Pembelajaran struktur anatomi organ abdomen dengan metode kuliah 90 menit/minggu selama delapan minggu disertai media: buku atlas anatomi, ultrasonografi, dan atlas 3D dalam komputer.	Penilaian pengetahuan anatomi menggunakan bagan anatomi dan pilihan ganda (<i>pretest</i> dan <i>posttest</i>). Evaluasi kepuasan dan persepsi menggunakan kuesioner.	Kelompok buku atlas menunjukkan peningkatan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan kelompok lain tetapi tidak signifikan ($p>0.05$). Kelompok atlas 3D menunjukkan ketertarikan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok lain tetapi tidak signifikan ($p>0.05$).	Penggunaan teknologi baru seperti atlas 3D meningkatkan ketertarikan pelajar dalam mempelajari anatomi dan dapat menjadi media dukung pembelajaran secara tradisional.
Du <i>et al.</i> , 2020. ⁽²⁷⁾	Uji coba dengan randomisasi pada 18 subjek penelitian yang dibagi menjadi tiga kelompok.	Pembelajaran struktur anatomi sistem muskuloskeletal dengan metode bermain <i>game</i> selama 30 menit/hari dalam lima hari secara <i>single player VR (SP)</i> atau <i>multiplayer VR (MP)</i> dan dibandingkan dengan buku teks dan <i>handout (CG, control)</i> .	Penilaian pengetahuan anatomi menggunakan pilihan ganda pada hari ke-1 (<i>pretest</i>), hari ke-5 (<i>posttest</i>), dan hari ke-12 (uji retensi pengetahuan). Penilaian motivasi subjek penelitian dilakukan dengan survei kuesioner pada hari 5 setelah intervensi.	Tidak ditemukan perbedaan bermakna dalam pengetahuan anatomi pada seluruh jenis intervensi pada hari ke-1 dan ke-5 ($p>0.05$). Kelompok MP memiliki nilai pengetahuan lebih tinggi dibandingkan dengan CG pada hari ke-12 ($p<0.01$). Kelompok SP dan MP memiliki nilai motivasi lebih tinggi dibandingkan dengan CG ($p<0.001$).	Metode <i>gaming</i> dapat diaplikasikan dalam pembelajaran anatomi. Penggunaan VR menunjukkan retensi pengetahuan yang lebih baik dan motivasi yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional.
Koop <i>et al.</i> , 2021. ⁽²⁸⁾	Uji coba dengan randomisasi pada 246 subjek penelitian yang dibagi menjadi tiga kelompok.	Pembelajaran mengenai diseksi kadaver pada bagian leher selama dua minggu dengan: manual diseksi standar, manual diseksi yang disederhanakan, dan manual diseksi menggunakan video interaktif berbasis web.	Performa diseksi pada minggu ke-1 dan ke-2 yang dievaluasi oleh staf anatomi. Penilaian pengetahuan anatomi dengan bagan anatomi dan pilihan ganda pada akhir minggu kedua. Penilaian motivasi dan perilaku subjek menggunakan kuesioner.	Kelompok video interaktif menunjukkan performa diseksi yang serupa dibandingkan dengan kelompok lain ($p>0.05$). Tidak terdapat perbedaan signifikan dalam motivasi dan perilaku subjek pada seluruh jenis intervensi ($p>0.05$).	Pembelajaran diseksi anatomi menggunakan manual <i>audio visual</i> tidak direkomendasikan pada situasi saat ini karena tidak hemat biaya dibandingkan metode konvensional.

Catatan: AR = *augmented reality*; VR = *virtual reality*.

PEMBAHASAN

Secara umum hasil penelitian pada seluruh studi menunjukkan pembelajaran anatomi menggunakan multimedia interaktif berbasis komputer seperti atlas 3D, AR, dan VR menunjukkan nilai pengetahuan anatomi yang setara dengan pembelajaran menggunakan metode konvensional seperti kuliah, buku dan atlas 2D, atau model anatomi plastik 3D (Tabel 1). Hal ini mengindikasikan teknologi berbasis komputer dapat menjadi media pembelajaran anatomi menggantikan atau digunakan bersama pembelajaran konvensional.

Hal menarik yang ditemukan dalam studi ini adalah analisis peningkatan pengetahuan sebelum dan setelah intervensi pembelajaran yang didapatkan dari perbedaan nilai *pretest* dan *posttest*. Studi oleh Kurul *et al.*⁽²³⁾ menunjukkan penggunaan VR sebagai media belajar meningkatkan nilai lebih tinggi daripada penggunaan gambar. Hasil tersebut berbeda dengan penelitian oleh Rodriguez-López *et al.*⁽²⁶⁾ yang menyatakan bahwa pembelajaran secara tradisional menggunakan buku ajar dan atlas 2D menunjukkan peningkatan nilai yang lebih baik dibandingkan dengan kuliah yang dipandu dengan atlas 3D dalam komputer. Hal tersebut dikuatkan oleh Khot *et al.*⁽²⁰⁾ yang mendemonstrasikan bahwa pembelajaran anatomi menggunakan model anatomi plastik 3D menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan VR. Sedangkan Bogomolova *et al.*⁽²²⁾ memperlihatkan bahwa penggunaan atlas 2D dan buku meningkatkan nilai tes anatomi yang lebih tinggi dibandingkan dengan atlas 3D dalam komputer secara signifikan tetapi setara dengan AR 3D.

Perbedaan hasil penelitian tersebut disebabkan oleh adanya berbagai macam faktor seperti teknologi yang digunakan, lama waktu belajar, metode penilaian, dan latar belakang pelajar yang mengikuti penelitian. Walaupun seluruh studi menggunakan konsep yang serupa yaitu multimedia interaktif berbasis komputer, kualitas teknologi yang digunakan dari aspek detail gambar dan kenyamanan penggunaan berbeda dari setiap program dan perangkat. Seluruh studi juga menggunakan rentang waktu yang beragam berkisar antara 10-90 menit setiap intervensi dengan frekuensi intervensi total sebanyak 1-8 kali. Selain itu, tidak didapatkan standardisasi penilaian pengetahuan anatomi sehingga sulit untuk dilakukan perbandingan secara langsung. Latar belakang subjek penelitian juga berbeda dimana pelajar berasal dari fakultas kedokteran, ilmu kesehatan, fisioterapi, dan teknik. Metode yang belum terstandar dan berbeda satu sama lain menghasilkan kesimpulan yang berbeda antar studi. Walaupun demikian, dari hasil telaah artikel dapat disimpulkan bahwa multimedia interaktif berbasis komputer memiliki potensi meningkatkan pengetahuan anatomi lebih baik atau setara dengan metode konvensional.

Multimedia interaktif termasuk atlas 3D, AR, dan VR menunjukkan penerimaan yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional. Penggunaan atlas 3D, AR, dan VR membuat pelajaran anatomi lebih menyenangkan, meningkatkan motivasi pelajar, serta menghasilkan keterlibatan, persepsi dan atensi yang lebih baik. Walaupun demikian, pelajar yang menggunakan VR akan mengalami kesulitan pada awal penguasaan perangkat yang tidak terjadi dalam pembelajaran konvensional.⁽²¹⁾ Hal menarik dapat dilihat pada studi yang dilakukan Du *et al.*⁽²⁷⁾ yang menggunakan *game* berbasis VR dalam metode pembelajarannya. Penelitian tersebut menunjukkan kelompok VR memiliki motivasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok komputer dan kelompok VR *multiplayer* memiliki nilai retensi pengetahuan anatomi yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa selain perangkat, metode pembelajaran dalam perangkat tersebut berkaitan erat dengan motivasi dan retensi pengetahuan pelajar.

Hasil menarik juga didapatkan pada penelitian Bogomolova *et al.*⁽²²⁾ yang menjelaskan bahwa penggunaan VR tidak membantu perbaikan kemampuan visual-spasial secara signifikan dibandingkan metode konvensional. Setelah diteliti lebih lanjut, hal tersebut dikarenakan subjek pria memiliki nilai kemampuan visual-spasial yang sudah baik sebelum intervensi sehingga tidak terjadi peningkatan secara signifikan. Sedangkan pada subjek wanita, didapatkan peningkatan nilai kemampuan visual-spasial setelah dilakukan intervensi dengan VR. Hal ini dapat dijelaskan dimana rerata wanita memiliki kemampuan konsep tiga dimensi yang lebih lemah dibandingkan rerata pria. Hasil ini mengindikasikan bahwa teknologi VR dapat membantu pelajar dengan kemampuan visual-spasial yang rendah untuk belajar anatomi dengan lebih baik.

Walaupun memiliki berbagai keunggulan, penggunaan VR juga memiliki kekurangan berupa efek samping yang dirasakan pengguna setelah menggunakan teknologi tersebut. Kurul *et al.*⁽²³⁾ membuat daftar efek samping yang dirasakan subjek penelitian setelah penggunaan VR selama 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan VR secara signifikan menimbulkan gejala efek samping yang tidak didapatkan pada penggunaan gambar 2D secara konvensional. Gejala efek samping yang dirasakan subjek penelitian antara lain pusing, mata lelah, dan ketidaknyamanan secara umum. Efek samping tersebut terjadi karena adanya inkonsistensi informasi yang diterima antara mata yang menerima sinyal gerakan dan propriosepsi tubuh yang tidak menerima sinyal gerakan. Selain itu inkonsistensi fokus jarak dengan objek pada VR mengakibatkan penerimaan informasi visual, vestibular, serta propriosepsi yang tidak selaras sehingga mengakibatkan kelelahan pada mata dan pusing.⁽²⁹⁾ Kelemahan lain dari penggunaan multimedia interaktif berbasis komputer adalah harga yang relatif mahal. Penggunaan teknologi berbasis komputer dalam pembelajaran memerlukan biaya pembelian dan perawatan yang

lebih tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional. Selain itu diperlukan pula tenaga khusus dalam pemeliharannya untuk menangani masalah yang terjadi selama proses pemakaian.⁽³⁰⁾

Limitasi utama dari penelitian yang memenuhi inklusi dalam *review* ini adalah jumlah sampel yang relatif kecil berkisar antara 18-72 subjek. Hanya satu penelitian oleh Koop *et al.*⁽²⁸⁾ yang menggunakan subjek penelitian sebanyak 246 partisipan. Hal ini wajar karena teknologi atlas 3D, AR, dan VR masih relatif mahal sehingga pusat pembelajaran baru dapat menyediakan teknologi tersebut dalam jumlah yang sedikit.⁽³⁰⁾ Selain itu, sebagian besar penelitian tidak memasukkan uji retensi pengetahuan dalam penilaiannya. Padahal uji ini penting untuk membuktikan apakah penggunaan multimedia interaktif dapat meningkatkan keilmuan anatomi dalam jangka panjang. Sebagai tambahan, seluruh studi tidak memasukkan penggunaan kadaver sebagai kontrol tetapi menggunakan buku teks, atlas 2D, atau model anatomi 3D. Padahal kadaver merupakan salah satu media paling umum pada pembelajaran anatomi dan memberikan pemahaman yang sangat baik untuk pembelajaran anatomi.⁽¹³⁾

Penggunaan teknologi tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sosial manusia termasuk dalam pembelajaran. Teknologi ini akan terus berkembang seiring dengan perkembangan teknologi informasi lainnya. Saat ini penggunaan atlas 3D, AR dan VR dapat direkomendasikan untuk pengenalan ilmu anatomi karena menarik dan mudah diterima pelajar, serta membantu pelajar yang memiliki kemampuan visual-spasial rendah dalam memahami anatomi secara menyeluruh. Selain itu teknologi ini dapat digunakan sebagai alternatif pembelajaran anatomi jarak jauh maupun pada pusat studi yang kesulitan dalam pengadaan kadaver. Untuk mendapatkan bekal ilmu anatomi yang cukup, seorang pelajar tidak dapat hanya bergantung pada teknologi mengingat pembelajaran konvensional sudah terbukti memberikan ilmu anatomi secara mendalam dan menyeluruh.⁽¹³⁾ Oleh karena itu, di masa yang akan datang, diperlukan evaluasi yang cermat terhadap penggunaan multimedia interaktif berbasis komputer agar digunakan secara tepat guna dan sasaran, sehingga memberikan manfaat bagi pelajar untuk mendalami ilmu anatomi.

KESIMPULAN

Review ini menggarisbawahi pentingnya melakukan telaah terhadap penggunaan teknologi dalam pembelajaran anatomi khususnya multimedia interaktif berbasis komputer seperti atlas 3D, AR dan VR. Teknologi 3D, AR, dan VR memiliki keunggulan antara lain dapat digunakan dalam berbagai kondisi dan tidak bergantung terhadap sediaan preparat kadaver, menarik dan meningkatkan motivasi pelajar, serta meningkatkan pemahaman pada pelajar yang memiliki kemampuan visual-spasial rendah. Hasil penelitian dalam *review* ini secara jelas menyatakan bahwa pembelajaran anatomi menggunakan multimedia interaktif berbasis komputer meningkatkan pengetahuan anatomi setara dengan metode konvensional. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa multimedia interaktif berbasis komputer dapat digunakan sebagai media alternatif atau media dukung dalam pembelajaran anatomi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sahin Z. Techniques of Research in Anatomy. *MOJ Anat Physiol*. 2016;2(4):110–5.
2. Farrokhi A, Soleymaninejad M, Ghorbanlou M, Fallah R, Nejatbakhsh R. Applied anatomy, today's requirement for clinical medicine courses. *Anat Cell Biol*. 2017;50(3):175–9. Available from: <https://doi.org/10.5115/acb.2017.50.3.175>
3. Brenner E. Human body preservation - old and new techniques. *J Anat*. 2014;224(3):316–44. Available from: <https://doi.org/10.1111/joa.12160>
4. Romi MM, Arfian N, Sari DCR. Is Cadaver Still Needed in Medical Education? *J Pendidik Kedokt Indones Indones J Med Educ*. 2019;8(3):105. Available from: <https://doi.org/10.22146/jpki.46690>
5. Cordeiro RG, Menezes RF. Lack of Corpses for Teaching and Research. *Rev Bras Educ Med*. 2019;43(1):579–87. Available from: <https://doi.org/10.1590/1981-5271v43suplemento1-20190217.ING>
6. Triepels CPR, Smeets CFA, Notten KJB, Kruitwagen RFPM, Futterer JJ, Vergeldt TFM, et al. Does three-dimensional anatomy improve student understanding? *Clin Anat*. 2020;33(1):25–33. Available from: <https://doi.org/10.1002/ca.23405>
7. Beger O, Karagül Mİ, Koç T, Kayan G, Cengiz A, Yılmaz ŞN, et al. Effects of different cadaver preservation methods on muscles and tendons: a morphometric, biomechanical and histological study. *Anat Sci Int*. 2020;95(2):174–89. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12565-019-00508-z>
8. Fraser KW. Effect of storage in formalin on organ weights of rabbits. *New Zeal J Zool*. 1985;12(2):169–74. Available from: <https://doi.org/10.1080/03014223.1985.10428276>
9. IARC. Chemical agents and related occupations. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*. 2012;100(Pt

- F):9–562. Available from: <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono100F.pdf>
10. NIEHS. Report on Carcinogens, Fifteenth Edition: Formaldehyde. Natl Toxicol Program, Dep Heal Hum Serv. 2021. <https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/profiles>. Available from: <http://ntp.niehs.nih.gov/go/roc>
 11. Youssef S. Different approaches for teaching and learning anatomy and future directions. *Indian J Clin Anat Physiol*. 2021;8(1):1–6. Available from: <https://doi.org/10.18231/j.ijcap.2021.001>
 12. Davis CR, Bates AS, Ellis H, Roberts AM. Human anatomy: Let the students tell us how to teach. *Anat Sci Educ*. 2014;7(4):262–72. Available from: <https://doi.org/10.1002/ase.1424>
 13. Cheung CC, Bridges SM, Tipoe GL. Why is Anatomy Difficult to Learn? The Implications for Undergraduate Medical Curricula. *Anat Sci Educ*. 2021;14(6):752–63. Available from: <https://doi.org/10.1002/ase.2071>
 14. Yammine K, Violato C. The effectiveness of physical models in teaching anatomy: a meta-analysis of comparative studies. *Adv Heal Sci Educ*. 2016;21(4):883–95. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10459-015-9644-7>
 15. Valverde S. Major transitions in information technology. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2016;371(20150450):1–12. Available from: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0450>
 16. Zargaran A, Turki MA, Bhaskar J, Spiers HVM, Zargaran D. The role of technology in anatomy teaching: Striking the right balance. *Adv Med Educ Pract*. 2020;11:259–66. Available from: <https://doi.org/10.2147/AMEP.S240150>
 17. Bölek KA, De Jong G, Henssen D. The effectiveness of the use of augmented reality in anatomy education: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2021;11(1):1–10. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94721-4>
 18. Park S, Kim Y, Park S, Shin JA. The impacts of three-dimensional anatomical atlas on learning anatomy. *Anat Cell Biol*. 2019;52(1):76–81. Available from: <https://doi.org/10.5115/acb.2019.52.1.76>
 19. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372(n71):1–9. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
 20. Khot Z, Quinlan K, Norman GR, Wainman B. The relative effectiveness of computer-based and traditional resources for education in anatomy. *Anat Sci Educ*. 2013;6(4):211–5. Available from: <https://doi.org/10.1002/ase.1355>
 21. Stepan K, Zeiger J, Hanchuk S, Del Signore A, Shrivastava R, Govindaraj S, et al. Immersive virtual reality as a teaching tool for neuroanatomy. *Int Forum Allergy Rhinol*. 2017;7(10):1006–13. Available from: <https://doi.org/10.1002/alr.21986>
 22. Bogomolova K, van der Ham IJM, Dankbaar MEW, van den Broek WW, Hovius SER, van der Hage JA, et al. The Effect of Stereoscopic Augmented Reality Visualization on Learning Anatomy and the Modifying Effect of Visual-Spatial Abilities: A Double-Center Randomized Controlled Trial. *Anat Sci Educ*. 2020;13(5):558–67. Available from: <https://doi.org/10.1002/ase.1941>
 23. Kurul R, Ögün MN, Neriman Narin A, Avci Ş, Yazgan B. An Alternative Method for Anatomy Training: Immersive Virtual Reality. *Anat Sci Educ*. 2020;13(5):648–56. Available from: <https://doi.org/10.1002/ase.1959>
 24. Weeks JK, Pakpoor J, Park BJ, Robinson NJ, Rubinstein NA, Prouty SM, et al. Harnessing Augmented Reality and CT to Teach First-Year Medical Students Head and Neck Anatomy. *Acad Radiol*. 2021;28(6):871–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.07.008>
 25. Gnanasegaram JJ, Leung R, Beyea JA. Evaluating the effectiveness of learning ear anatomy using holographic models. *J Otolaryngol - Head Neck Surg*. 2020;49(1):1–8. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40463-020-00458-x>
 26. Rodríguez-López ES, Calvo-Moreno SO, Fernández-Pola EC, Fernández-Rodríguez T, Guodemar-Pérez J, Ruiz-López M. Learning musculoskeletal anatomy through new technologies: A randomized clinical trial. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2020;28(e3281):1–7. Available from: <https://doi.org/10.1590/1518-8345.3237.3281>
 27. Du YC, Fan SC, Yang LC. The impact of multi-person virtual reality competitive learning on anatomy education: a randomized controlled study. *BMC Med Educ*. 2020;20(1):1–10.
 28. Koop CFA, Marschollek M, Schmiedl A, Proskynitopoulos PJ, Behrends M. Does an Audiovisual Dissection Manual Improve Medical Students' Learning in the Gross Anatomy Dissection Course? *Anat Sci Educ*. 2021;14(5):615–28. Available from: <https://doi.org/10.1002/ase.2012>
 29. Park SH, Lee GC. Full-immersion virtual reality: Adverse effects related to static balance. *Neurosci Lett*. 2020;733(November 2019):21–4. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2020.134974>
 30. Venkatesan M, Mohan H, Ryan JR, Schürch CM, Nolan GP, Frakes DH, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications. *Cell Reports Med*. 2021;2(7):1–13.