

SPATIAL ABILITY IN MEDICAL AND DENTAL EDUCATION: SCOPING REVIEW

Nabilla Riadi Nur Ramadhani^{1*}, Dani Rizali Firman², Erli Sarilita², Yurika Ambar Lita³

¹Mahasiswa S1 Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Bandung – INDONESIA

²Departemen Oral Biologi Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Bandung – INDONESIA

³Departemen Radiologi Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Padjadjaran, Bandung – INDONESIA

Submitted: 29 Jun 2021, Final Revision from Authors: 15 Mar 2022, Accepted: 04 Apr 2022

ABSTRACT

Background: *The ability to mentally manipulate 3D objects and understanding the relationships between structures is essential in many fields of medical and dental specialties. This scoping review of the literature on spatial ability in medical and dental education was conducted to provide a map of the literature and identify where gaps still exist for future research.*

Methods: *The study was conducted using a scoping review method with guidelines from the Arksey and O'Malley framework to identify literatures related to the research topic. Searches was performed from February to May 2021 in PubMed, Cochrane, CINAHL and Google Scholar using keywords related to spatial ability, medical education and dental education. Literatures was also identified using snowballing technique. PRISMA-ScR analysis for study selection was performed.*

Results: *Fifteen articles were selected for review. Spatial ability correlates with performance in studying anatomical knowledge of medicine and dentistry, and surgery. 3D anatomical models are more effective when conveying complex spatial relationships than traditional 2D models. The Mental Rotation Test (MRT) is the most widely used test for measuring spatial abilities. The results of the measurement of spatial ability showed the superiority of males over females.*

Conclusion: *Spatial ability and learning in medical and dental education provide mutual benefits for both aspects. Additional spatial abilities module may be added to medical and dental education curricula to improve learning success.*

Keywords: *spatial ability, visual-spatial ability, medical education, dental education*

ABSTRAK

Latar belakang: Kemampuan untuk memanipulasi objek 3D secara mental dan memahami hubungan antar struktur penting dalam berbagai bidang studi kedokteran dan kedokteran gigi. *Scoping review* mengenai kemampuan spasial pada pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi ini dibuat untuk menyajikan peta literatur dan mengidentifikasi kesenjangan yang ada untuk penelitian di masa depan.

Metode: Penelitian dilakukan menggunakan metode *scoping review* dengan pedoman dari kerangka kerja Arksey dan O'Malley untuk mengidentifikasi literatur yang berkaitan dengan topik penelitian. Pencarian dilakukan dari Februari hingga Mei 2021 melalui PubMed, Cochrane, CINAHL, dan Google Scholar menggunakan kata kunci terkait kemampuan spasial, pendidikan kedokteran, dan pendidikan kedokteran gigi. Identifikasi literatur juga dilakukan menggunakan teknik snowballing. Proses seleksi artikel menggunakan analisis PRISMA-ScR.

*corresponding author, contact: nabilla17004@mail.unpad.ac.id

Hasil: Artikel yang ditinjau berjumlah lima belas artikel. Kemampuan spasial berhubungan dengan kinerja belajar pengetahuan anatomi kedokteran dan kedokteran gigi, dan pembedahan. Model anatomi 3D lebih efektif dalam menyampaikan hubungan spasial yang kompleks dibandingkan dengan model 2D tradisional. *Mental Rotation Test* (MRT) merupakan tes yang paling banyak digunakan untuk mengukur kemampuan spasial. Hasil dari pengukuran kemampuan spasial menunjukkan keunggulan pria daripada wanita.

Kesimpulan: Kemampuan spasial dan pembelajaran pada pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi saling memberikan manfaat bagi kedua aspek. Modul tambahan kemampuan spasial dapat ditambahkan kedalam kurikulum pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi untuk meningkatkan keberhasilan pembelajaran.

Kata kunci : kemampuan spasial, kemampuan visual-spasial, pendidikan kedokteran, pendidikan kedokteran gigi

PRACTICE POINTS

- Sebagai *precursor* untuk penelitian dengan metode *systematic review*.
- Sebagai pertimbangan referensi penelitian mengenai kemampuan spasial di pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi.
- Sebagai pertimbangan penambahan modul kemampuan spasial pada pembelajaran di bidang kedokteran dan kedokteran gigi.

LATAR BELAKANG

Dalam program pendidikan, prediktor keberhasilan kinerja individu pada tes yang diberikan saat proses seleksi penerimaan mahasiswa baru menjadi alat yang berharga bagi calon mahasiswa baru dan petugas penerimaan dalam mengambil keputusan penerimaan untuk merekrut mahasiswa baru.¹ Pada pendidikan kedokteran, Langlois *et al.*² mengusulkan bahwa kemampuan spasial dapat menjadi prediktor untuk keberhasilan kinerja keterampilan teknis seperti prosedur pembedahan. Pada pendidikan kedokteran gigi, implementasi ini terdapat pada instrumen seleksi yang sering digunakan oleh sekolah kedokteran gigi yaitu *Dental Admission Test*³, didalamnya terdapat subtes tentang kemampuan visualisasi pola dan hubungan^{4,5}, atau yang dalam istilah psikometri disebut kemampuan spasial⁶, yaitu kemampuan untuk memahami struktur tiga dimensi, posisi, dan manipulasi objek.^{7,8} Kemampuan spasial meliputi kemampuan untuk memanipulasi konsep dari suatu objek dan mengingat hubungan antara bagian-bagiannya dan keadaan sekitarnya didalam pikiran.⁹

Kemampuan spasial sebelumnya ditemukan berkaitan dengan kemampuan mahasiswa dalam mempelajari struktur anatomi dan kinerja ujian mahasiswa.^{7,8} Agar dapat menguasai pengetahuan anatomi seseorang harus dapat memvisualisasikan dan memanipulasi secara mental struktur 3D dan mampu mengingat informasi ini ketika suatu gambaran anatomi disajikan dalam berbagai bidang.¹⁰ Banyak metode yang dapat digunakan untuk mengajarkan pengetahuan anatomi, tetapi kemampuan spasial mahasiswa memainkan peran penting saat menggunakan sumber belajar yang menunjukkan struktur di berbagai posisi dan dari arah yang berbeda.⁸ Wanzel *et al.*¹¹, Hegarty *et al.*¹², dan Clem *et al.*¹³ telah menunjukkan bahwa kemampuan spasial merupakan keterampilan penting untuk spesialisasi seperti pembedahan dan ultrasonografi. Kognisi spasial juga penting untuk memahami gambaran seperti yang dihasilkan oleh CT, MRI, X-ray, dan *ultrasound*.¹⁴

Kemampuan spasial merupakan faktor penting dalam keberhasilan suatu pengajaran. Kinerja kemampuan spasial dapat ditingkatkan dengan menggunakan sumber belajar elektronik (*e-learning*) tambahan ke dalam sistem pengajaran, seperti penggunaan model 3D komputer ke dalam pembelajaran anatomi, dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa.^{15,16} Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa individu dengan kemampuan spasial rendah memperoleh manfaat lebih dari penggunaan model 3D daripada peserta dengan kemampuan spasial yang lebih tinggi.¹⁷ Kemampuan spasial dapat dinilai menggunakan suatu metode berupa tes kemampuan spasial untuk menilai kemampuan spasial subjek penelitian dan untuk melihat perbedaan kemampuan spasial antar individu. MRT atau *Mental Rotation Test* merupakan salah satu tes yang tersedia dan banyak digunakan untuk mengukur kemampuan spasial.¹⁸

Terdapat sejumlah variasi temuan dari pencarian literatur yang membahas kemampuan spasial di pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi, dan dari literatur yang terdeteksi dalam rentang tahun 2003 sampai 2020 terdapat satu literatur dengan jenis *literature review* yaitu pada tahun 2015, namun hingga saat ini belum terdapat publikasi terbaru. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah mengeksplorasi perkembangan literatur terkait menggunakan metode *scoping review* untuk

merangkum dan memetakan informasi mengenai kemampuan spasial pada pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi, hingga dapat mengidentifikasi kesenjangan dari setiap literatur. Peta literatur ini diharapkan dapat membantu penelitian mengenai kemampuan spasial dalam pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi di masa depan.

METODE

Scoping review ini dilakukan dengan menggunakan analisis *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses for Scoping Review (PRISMA-ScR)*¹⁹ dan pedoman dari kerangka kerja Arksey dan O'Malley. Penelitian dimulai dari bulan Februari 2021 hingga Mei 2021. Pertanyaan penelitian ini adalah: Bagaimana peran kemampuan spasial pada pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi. Pertanyaan ini bertujuan untuk mencakup luasnya literatur tentang kemampuan spasial dalam pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi sehingga dapat membuat tinjauan menyeluruh dari penelitian di bidang ini. Literatur yang relevan diidentifikasi melalui pencarian melalui tiga *database* (PubMed, Cochrane, dan CINAHL) dan *search engine* Google Scholar hingga 4 Mei 2021. Identifikasi artikel juga dilakukan secara manual dengan teknik *snowballing*. Pencarian artikel dilakukan dengan memasukkan kata kunci pada masing-masing *database* dan *search engine* tanpa batasan tahun publikasi (Tabel 1).

Tabel 1. Strategi Pencarian

Database dan Search Engine	Strategi Pencarian	Hasil (N)
Pubmed	#1 ("dental education"[Title/Abstract]) OR ("medical education"[Title/Abstract])	54,547
	#2 "spatial ability"[Title/Abstract]	1,003
	Final search: #1 AND #2	18
Cochrane	#1 ("dental education"):ti,ab,kw OR ("medical education"):ti,ab,kw	3,135
	#2 ("spatial ability"):ti,ab,kw	171
	Final search: #1 AND #2	7
CINAHL	#1 AB dental education OR medical education	16,037
	#2 AB spatial ability	811
	Final search: #1 AND #2	6
Google Scholar	"kemampuan spasial" + "kedokteran"	145

Artikel yang ditemukan dari hasil pencarian melalui *database* selanjutnya diidentifikasi melalui tiga

tahapan, yakni pemeriksaan duplikasi, seleksi judul dan abstrak, dan membaca keseluruhan isi artikel.

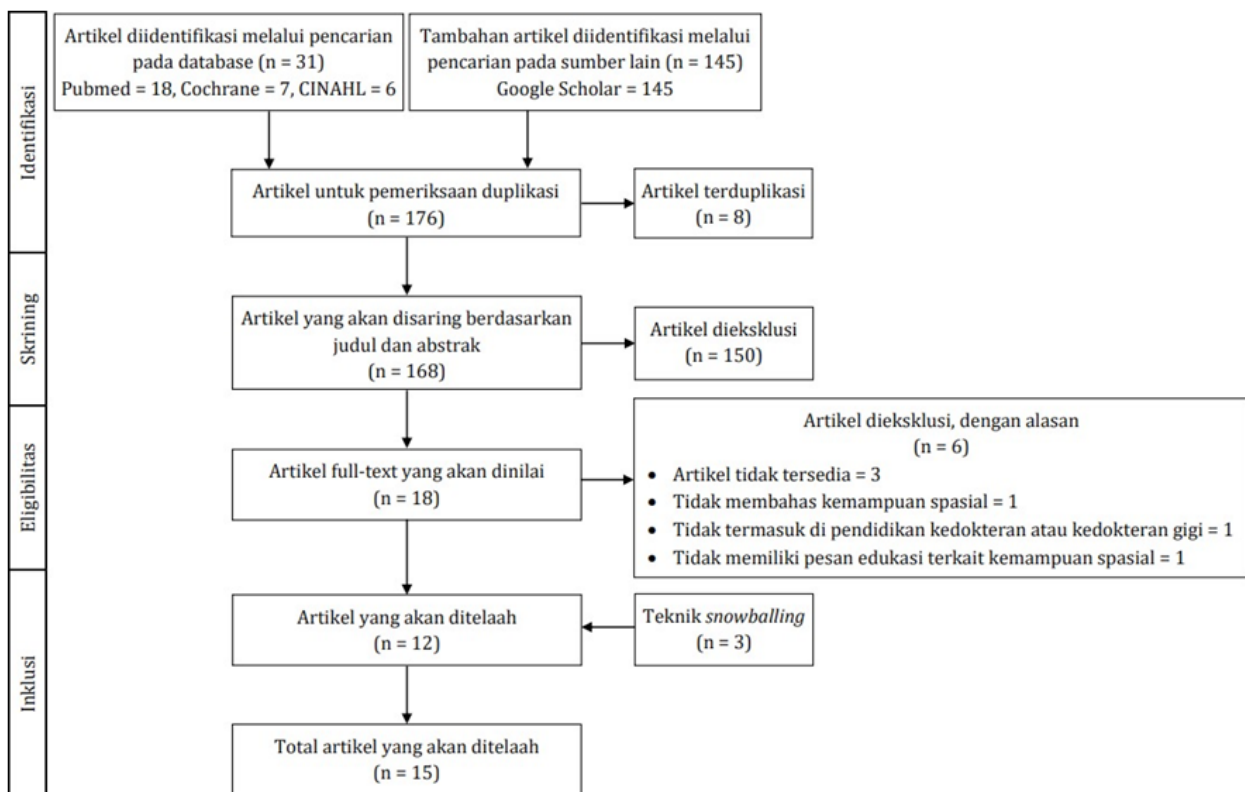
Relevansi artikel dinilai dengan kriteria inklusi dan kriteria eksklusi. Kriteria inklusi pada penelitian ini yaitu artikel yang membahas kemampuan spasial di bidang kedokteran dan kedokteran gigi dengan metode penelitian kuantitatif, artikel berbahasa Inggris, dan artikel berbahasa Indonesia, sedangkan kriteria eksklusi pada penelitian ini yaitu artikel yang tidak tersedia dalam bentuk *full-text* dan artikel yang merupakan bentuk ulasan dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Data yang diambil dari setiap artikel meliputi penulis, negara, judul artikel, nama jurnal, tahun publikasi, bidang (pendidikan kedokteran/kedokteran gigi), jenis desain studi, jumlah sampel, program pendidikan (sarjana/pascasarjana/residen/spesialis), intervensi, kemampuan spasial (jenis tes dan perbedaan gender) dan temuan pada artikel. Data tersebut selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel yang berisi peta data dari hasil pemetaan data yang diambil dari setiap artikel dan narasi yang mendeskripsikan permasalahan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 176 artikel teridentifikasi pada hasil awal pencarian, dengan 18 artikel pada PubMed, 7 artikel pada Cochrane, 6 artikel pada CINAHL, dan 145 artikel pada Google Scholar. Penapisan pertama dilakukan dengan melakukan pemeriksaan duplikasi, pada pemeriksaan ini dikeluarkan 8 artikel ganda sehingga diperoleh 168 artikel. Penapisan kedua dilakukan seleksi judul dan abstrak. Artikel yang dikeluarkan karena tidak relevan sebanyak 150 artikel sehingga didapatkan 18 artikel.

Penapisan terakhir dilakukan dengan melihat kesesuaian keseluruhan isi artikel terhadap topik penelitian sehingga dikeluarkan 6 artikel dan diperoleh 12 artikel sebagai literatur yang akan dianalisis. Sebanyak 3 artikel tambahan teridentifikasi dengan teknik *snowballing*, sehingga total artikel yang akan dianalisis berjumlah 15 artikel. Diagram PRISMA-ScR hasil pencarian dalam penelaahan ini dijabarkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Analisis PRISMA-ScR

Artikel yang ditelaah pada penelitian ini berjumlah 15 artikel yang dipublikasi pada rentang tahun 2003-2020^{3,9,14,18,20-30}. Penelitian-penelitian ini berasal dari berbagai wilayah, meliputi empat artikel melakukan penelitian di Canada^{23,26,28,30}, tiga artikel di Amerika Serikat^{14,21,29}, dan artikel lainnya masing-masing melakukan penelitian di Swedia³, Inggris⁹, Belanda¹⁸, Finlandia²⁰, Indonesia²², Jerman²⁴, Portugal²⁵, dan China²⁷. Sebelas artikel^{9,18,20-22,24-26,28-30} meneliti pada pendidikan kedokteran dan empat artikel^{3,14,23,27} pada pendidikan kedokteran gigi, dengan empat artikel^{18,20,28,30} meneliti pada program sarjana (S1), satu artikel²⁶ pada Program Pendidikan Dokter Spesialis (PPDS), dua artikel meneliti dua program pendidikan yaitu pada PPDS dan spesialis²² dan pada sarjana dan pascasarjana²⁵, satu artikel²³ meneliti tiga program pendidikan yaitu pada program S1, Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis (PPDGS), dan spesialis, sedangkan pada tujuh artikel^{3,9,14,21,24,27,29} sisanya tidak ditemukan data mengenai kategori program pendidikan. Seluruh artikel yang ditelaah menggunakan desain studi prospektif.

Beberapa metode digunakan dalam pengukuran kemampuan spasial pada lima belas artikel yang ditelaah. Sembilan artikel^{14,18,21-23,25-27,29} menggunakan *Mental Rotation Test* (MRT) sebagai instrumen untuk mengukur kemampuan spasial subjek penelitian, dua artikel diantaranya menggunakan tambahan tes lain yaitu *Visualization of Views Test*¹⁴, dan *Surface Development Test* (SDT) untuk menilai kemampuan visual-spasial tingkat tinggi, *Gestalt Completion Test* (GCT) untuk menilai kemampuan visual-spasial tingkat sedang, dan *Phase Discrimination Test* (PDT) untuk menilai kemampuan visual-spasial tingkat rendah²³. Dua artikel menggunakan tes yang didalamnya terdapat subtes mengenai kemampuan spasial, yaitu *Tin models and folding*³ sebagai subtes dari Deltabatteriet, dan *Cube test*²⁴ sebagai bagian

dari *Intelligence-Structure-Test* 2000 R (I-S-T 2000 R). Satu artikel⁹ menggunakan *Visualization of Rotation* (ROT), versi lebih pendek dari *Purdue Spatial Visualization Test: Rotations* (PSVT: R). Satu artikel²⁰ tidak menggunakan tes kemampuan spasial spesifik melainkan menggunakan *Test of Visual Perceptual Skills* (TVPS-3) yang didalamnya terdapat subskala visual spatial relationships. Satu artikel²⁸ menggunakan *Santa Barbara Solids Test*²⁸, dan satu artikel³⁰ menilai kemampuan spasial pada bagian kuantitatif dari kuesioner yang diberikan menggunakan *5-point Likert scale*.

Perbandingan nilai kemampuan spasial antara subjek pria dan wanita dilaporkan dalam tujuh^{9,14,18,21,22,24,25} dari lima belas artikel. Empat artikel^{9,18,21,22} melaporkan bahwa skor MRT pria lebih tinggi dibandingkan wanita masing-masing pada kedua MRT (*pretest* dan *posttest*)¹⁸, pada tes yang dilaksanakan sebelum kelas anatomi dimulai dan sebelum siswa melaksanakan ujian akhir²¹, dan pada tes yang dilaksanakan sebelum dan setelah pelatihan kesadaran spasial (*Spatial Awareness Training*) pada kedua kelompok (intervensi dan kontrol)⁹. Hegarty *et al.*¹⁴ melaporkan bawa selain skor MRT, skor *Visualization of Views Test* pria juga lebih tinggi daripada wanita. Guimarães *et al.*²⁵ juga melaporkan hal serupa, bahwa skor MRT pria lebih tinggi dibandingkan wanita pada kelompok anatomi muskuloskeletal (MA) dan anatomi kardiovaskular (CA) sebelum intervensi *Computer-Assisted Learning* (CAL), namun setelah intervensi CAL tidak ditemukan adanya perbedaan antar gender, sedangkan pada kelompok MA+CA tidak ditemukan perbedaan antar gender pada skor MRT sebelum dan setelah penggunaan CAL. Temuan serupa dilaporkan oleh Jungmann *et al.*²⁴ yang tidak menemukan adanya perbedaan pada skor *cube test* antara subjek pria dan wanita.

Tabel 2. Hasil Penelaahan dari Publikasi Riset Sebelumnya

Penulis (negara)	Judul	Jurnal; Tahun; Desain studi; Bidang studi	Sampel; Jenjang pendidikan; Jenis intervensi	Kemampuan Spasial		Temuan
				Alat ukur	Perbedaan gender	
Heintze et al. ³ (Sweden)	<i>Assessment and evaluation of individual prerequisites for dental education</i>	<i>European Journal of Dental Education</i> ; 2004; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran gigi	n = 191; N/A; Pengujian instrumen selekt baru yang dapat memprediksi keberhasilan pembelajaran di kedokteran gigi	<i>Tim models and folding</i>	N/A	Tes kemampuan spasial dapat memprediksi hasil pada <i>pre-clinical operative dentistry</i> dan kegagalan pada mata kuliah tersebut, dan keterlibatan faktor spasial dapat diukur menggunakan tes <i>Cavity Reproduction</i>
Helle et al. ²⁰ (Finlandia)	<i>Do prior knowledge, personality and visual perceptual ability predict student performance in microscopic pathology?</i>	<i>Medical Education</i> ; 2010; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran	n = 52; Sarjana; Mengikuti mata kuliah patologi mikroskopis (klasifikasi diagnostik berdasarkan pengamatan mikroskopis)	TVPS-3	N/A	Kemampuan visual spasial terkait dengan kinerja pada fase awal pelatihan patologi mikroskopis, namun mahasiswa kedokteran dapat mempelajari patologi mikroskopis dasar menggunakan contoh persoalan yang menunjukkan bagaimana suatu pekerjaan dilakukan atau bagaimana memecahkan suatu masalah (<i>worked-out examples</i>), terlepas dari ukuran kepribadian atau kemampuan persepsi visual
Hegarty et al. ¹⁴ (California)	<i>How spatial abilities enhance, and are enhanced by, dental education</i>	<i>Learning and Individual Differences</i> ; 2009; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran gigi	n = 324; N/A; Mahasiswa kedokteran gigi tahun pertama belajar anatomi dan teknik kedokteran gigi restoratif, mahasiswa kedokteran gigi tahun keempat, mahasiswa psikologi	MRT dan Visualization of Views Test	Pria lebih unggul daripada wanita pada seluruh pengukuran kemampuan spasial	Kemampuan spasial memprediksi kinerja di kelas laboratorium praktik kedokteran gigi restoratif dan mahasiswa kedokteran gigi mengembangkan model mental spasial dari struktur 3D gigi
Vorstenbosch et al. ¹⁸ (Belanda)	<i>Learning Anatomy Enhances Spatial Ability</i>	<i>Anatomical Sciences Education</i> ; 2013; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran	n = 500; Sarjana; Mahasiswa kedokteran belajar mata kuliah gross anatomy (toraks, abdomen, dan pelvis), mahasiswa ilmu pendidikan belajar metode penelitian	MRT	Skor MRT (pretest dan posttest) subjek pria lebih tinggi daripada wanita	Kemampuan spasial mahasiswa kedokteran lebih tinggi daripada mahasiswa ilmu pendidikan karena aktivitas dalam mempelajari anatomi melatih kognisi spasial sehingga dapat meningkatkan kemampuan spasial
Lufier et al. ²¹ (Massachusetts)	<i>Effect of Visual-Spatial Ability on Medical Students' Performance in a Gross Anatomy Course</i>	<i>Anatomical Sciences Education</i> ; 2012; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran	n = 352; N/A; Mengikuti mata kuliah medical gross anatomy (Punggung dan Anggota Badan; Toraks, Abdomen dan Pelvis; Kepala dan leher)	MRT	Skor MRT (awal dan akhir) subjek pria signifikan lebih tinggi daripada wanita	Siswa dengan skor MRT di kuartil tertinggi menunjukkan kinerja yang lebih baik pada ujian praktik dan tertulis, dan kemampuan visual-spasial siswa meningkat selama mengikuti kursus yang mempelajari struktur anatomi tubuh melalui pembedahan kadaver (<i>gross anatomy</i>)
Strait et al. ²² (Indonesia)	<i>Hubungan Kemampuan Visual Spasial dengan Kinerja Keterampilan Dasar Bedah</i>	<i>Media Dermato Venerologica Indonesia</i> ; 2015; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran	n = 100; Residen dan spesialis; Tindakan dasar bedah (membuat simpul Reef, melakukan gerakan forehand-backhand saat memindahkan jarum jahit kulit, dan membuat jahitan matras vertikal pada kulit babi/kambing)	MRT	Nilai rata-rata kemampuan visual spasial subjek pria lebih tinggi daripada wanita namun perbedaan tersebut tidak bermakna secara statistik	Tidak didapatkan perbedaan bermakna antara kemampuan visual spasial tinggi dan rendah dengan keterampilan bedah secara umum menunjukkan bahwa seseorang dengan kemampuan visual spasial apa pun dapat mempelajari tindakan dasar bedah
Wanzel et al. ²³ (Canada)	<i>Visual-spatial ability correlates with efficiency of hand motion and successful surgical performance</i>	<i>Surgery</i> ; 2003; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran gigi	n = 47; Sarjana, residen, spesialis; Melakukan prosedur bedah fiksasi rigid pada model mandibula	MRT, SDT, GCT, dan PDT	N/A	Kemampuan visual-spasial tingkat tinggi terkait dengan (dan berpotensi memprediksi) kinerja prosedur bedah, dan efisiensi gerakan tangan selama prosedur lebih spesifik untuk perencanaan dan visualisasi spasial 3D

Penulis (negara)	Judul	Jurnal; Tahun; Desain studi; Bidang studi	Sampel; Jjang pendidikan; Jenis intervensi	Kemampuan Spasial		Temuan
				Alat ukur	Perbedaan gender	
Jungmann et al. ²⁴ (Jerman)	<i>Impact of perceptual ability and mental imagery training on simulated laparoscopic knot-tying in surgical novices using a Nissen fundoplication model</i>	<i>Scandinavian Journal of Surgery</i> ; 2011; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran	n = 40; N/A; Sesi pelatihan dasar laparoskopi pada <i>virtual reality</i> simulator; kelompok eksperimental mengikuti mental training selama interval antara 2 sesi pelatihan	<i>Cube test</i> (1-S-T 2000 R)	Tidak ada perbedaan antara pria dan wanita pada skor cube test	Kecerdasan visual-spasial berkorelasi kuat dengan keterampilan laparoskopi pada pemula bedah, dan mental training tidak mempengaruhi kinerja laparoskopi pada pemula secara keseluruhan
Gonzales et al. ⁹ (Inggris)	<i>Does spatial awareness training affect anatomy learning in medical students?</i>	<i>Anatomical Sciences Education</i> ; 2020; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran	n = 104; N/A; Kelompok intervensi mengikuti; Spatial Awareness Training (SAT) yang berfokus pada analisis komponen spasial dari struktur suatu objek dan interaksinya	ROT	Subjek wanita pada kedua kelompok (intervensi dan kontrol) memiliki skor kemampuan spasial yang lebih rendah daripada pria pada kedua tes (<i>pre-training</i> dan <i>post-training</i>)	SAT tidak meningkatkan kemampuan spasial dan skor anatomi, namun kemampuan spasial dapat mengidentifikasi siswa yang mungkin membutuhkan dukungan akademis tambahan
Guimarães et al. ²⁵ (Portugal)	<i>The Role of Anatomy Computer-Assisted Learning on Spatial Abilities of Medical Students</i>	<i>Anatomical Sciences Education</i> ; 2019; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran	n = 611; Sarjana dan pascasarjana (S2); Sesi pelatihan anatomi muskuloskeletal dan anatomi kardiovaskular pada platform VIMU (Virtual Quiz module)	MRT	Kemampuan spasial dasar pria lebih baik dibandingkan wanita (MA dan CA) namun setelah intervensi CAL tidak ditemukan adanya perbedaan antar gender	Penggunaan CAL meningkatkan kinerja kemampuan spasial, dan jumlah pelatihan menggunakan CAL terkait dengan peningkatan kinerja kemampuan spasial yang lebih besar
Tan et al. ²⁶ (Canada)	<i>Role of a computer-generated three-dimensional laryngeal model in anatomy teaching for advanced learners</i>	<i>Journal of Laryngology and Otology</i> ; 2012; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran	n = 40; Residen; Mempelajari anatomi laring menggunakan model 3D yang dihasilkan oleh komputer atau gambar 2D	MRT	N/A	Model 3D tidak lebih menguntungkan dibandingkan 2D, tidak ada asosiasi signifikan antara kemampuan spasial dan pembelajaran anatomi, dan peserta lebih memilih menggunakan model 3D dibandingkan gambar 2D
Qi et al. ²⁷ (China)	<i>The Impact of Active Versus Passive Use of 3D Technology: A Study of Dental Students at Wuhan University, China</i>	<i>Journal of Dental Education</i> ; 2012; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran gigi	n = 95; N/A; Mempelajari kasus implan gigi pada halaman web komputer dengan tampilan 3D (aktif atau pasif) atau 2D	MRT	N/A	Kontrol pasif 3D menghasilkan efek pembelajaran yang relatif lebih tinggi dan tidak menyamakan kontrol aktif 3D yang intensif karena berdampak negatif pada individu dengan kemampuan spasial rendah
Allen et al. ²⁸ (Canada)	<i>Evaluation of an Online Three-Dimensional Interactive Resource for Undergraduate Neuroanatomy Education</i>	<i>Anatomical Sciences Education</i> ; 2016; <i>Prospective study</i> ; Kedokteran	n = 47; Sarjana; Menggunakan model neuroanatomi 3D yang dikembangkan dari VHP female dataset dan mayat (gross anatomy cadaveric laboratory) untuk mengidentifikasi struktur neuroanatomi	<i>Santa Barbara Solids Test</i>	N/A	Model 3D secara signifikan meningkatkan pengetahuan siswa mengenai kompleksitas spasial struktur neuroanatomi dan hubungan yang ada di antaranya, dan memudahkan siswa dengan kemampuan spasial rendah dalam menafsirkan informasi yang kompleks secara spasial sehingga dapat meningkatkan tingkat kemampuan spasial dan keberhasilan dalam kursus anatomi

Penulis (negara)	Judul	Jurnal; Tahun; Desain studi; Bidang studi	Sampel; Jenjang pendidikan; Jenis intervensi	Kemampuan Spasial		Temuan
				Alat ukur	Perbedaan gender	
Cui et al. ²⁹ (Mississippi)	<i>Evaluation of the Effectiveness of 3D Vascular Stereoscopic Models in Anatomy Instruction for First Year Medical Students</i>	<i>Anatomical Sciences; Education</i> ; 2017; Prospective study; Kedokteran	n = 46; N/A; Menggunakan model stereoskopis vaskular kepala dan leher 3D yang dikembangkan dari <i>computed tomographic angiography</i> (CTA) atau gambar 2D (<i>snapsheets</i> dari model 3D) dan gambar radiografi yang digunakan untuk membuat model 3D	MRT	N/A	Model stereoskopis 3D menyajikan representasi hubungan spasial struktur anatomi yang lebih baik daripada gambar 2D, dan visualisasi 3D stereoskopis meningkatkan kinerja siswa pada tes pengetahuan anatomi dan membantu siswa dengan kemampuan spasial yang lebih rendah
Gnanasegaram et al. ³⁰ (Canada)	<i>Evaluating the effectiveness of learning ear anatomy using holographic models</i>	<i>Journal of Otolaryngology - Head and Neck Surgery</i> ; 2020; Prospective study; Kedokteran	n = 29; Sarjana; Mempelajari anatomi telinga menggunakan model anatomi 3D holografik atau 2D tradisional (didactic lecture atau web-based computer module)	5-point Likert scale	N/A	Teknologi holografik 3D merupakan metode yang efektif untuk mengajarkan anatomi telinga dibandingkan dengan metode 2D tradisional, diterima dengan baik oleh siswa, lebih efektif dalam menyampaikan hubungan spasial yang kompleks antara struktur anatomi, dan lebih baik dalam melibatkan dan memotivasi peserta didik

N/A: data tidak tersedia

Berdasarkan artikel yang ditelaah, terdapat berbagai metode yang digunakan untuk menilai kemampuan spasial. Empat artikel melaporkan kemampuan spasial sebagai prediktor keberhasilan masing-masing pada mata kuliah *gross anatomy*²¹, fase awal patologi mikroskopis²⁰, *pre-clinical operative dentistry*³, *restorative dentistry practical laboratory*¹⁴, dan kinerja prosedur bedah²³. Hegarty et al.¹⁴ melaporkan bahwa selain menjadi prediktor, kemampuan spasial dapat ditingkatkan melalui pembelajaran di kedokteran gigi, dua artikel lainnya melaporkan temuan yang sama, bahwa kemampuan spasial dapat ditingkatkan dari pembelajaran pada mata kuliah *gross anatomy*^{18,21}, selain itu dilaporkan juga bahwa kemampuan spasial dapat meningkatkan kinerja pada mata kuliah tersebut²¹. Metode pembelajaran anatomi menggunakan komputer (*Computer-Assisted Learning*) dilaporkan dapat meningkatkan kinerja kemampuan spasial mahasiswa kedokteran²⁵, sebaliknya *Spatial Awareness Training* (SAT) tidak dapat meningkatkan kemampuan spasial namun kemampuan spasial dapat digunakan untuk mengidentifikasi siswa yang mungkin membutuhkan dukungan akademis tambahan⁹.

Tiga artikel²²⁻²⁴ meneliti hubungan antara kemampuan spasial dan keterampilan pada prosedur pembedahan, satu diantaranya menggunakan teknik pembedahan invasif minimal atau yang disebut dengan laparoskopi²⁴. Wanzel et al.²³ melaporkan bahwa kemampuan visual-spasial tingkat tinggi berkaitan dengan kinerja prosedur bedah, namun Sirait et al.²² dalam penelitiannya tidak menemukan perbedaan antara kemampuan visual-spasial tinggi dan rendah dengan keterampilan bedah secara umum. Jungmann et al.²⁴ menemukan bahwa kemampuan visual-spasial berkorelasi kuat dengan keterampilan laparoskopi pada pemula bedah.

Lima²⁶⁻³⁰ dari lima belas artikel mengevaluasi keefektifan penggunaan model anatomi tiga dimensi (3D). Dua artikel^{28,29} melaporkan bahwa model 3D memudahkan siswa dengan kemampuan spasial rendah. Model anatomi 3D dilaporkan lebih efektif dalam menyampaikan hubungan spasial yang kompleks antara struktur anatomi³⁰, sehingga dapat meningkatkan tingkat kemampuan spasial dan keberhasilan dalam kursus anatomi²⁸. Qi et al.²⁷

dalam penelitiannya menunjukkan bahwa kontrol pasif dari penggunaan teknologi 3D memberikan efek pembelajaran yang relatif lebih tinggi sehingga kontrol aktif 3D tidak disarankan karena berdampak negatif pada individu dengan kemampuan spasial rendah, sedangkan Tan *et al.*²⁶ tidak menemukan adanya asosiasi antara kemampuan spasial dan pembelajaran anatomi 3D.

Dalam meninjau literatur yang berkaitan dengan peran kemampuan spasial pada pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi, terlihat bahwa kemampuan spasial telah digunakan dalam bentuk tes untuk mengukur kemampuan spasial seseorang dalam berbagai jenjang pendidikan mulai dari mahasiswa program sarjana, pascasarjana, pendidikan dokter atau dokter gigi spesialis, hingga dokter atau dokter gigi spesialis. Keterlibatan berpikir spasial dalam dunia medis dapat membantu pekerjaan yang membutuhkan kemampuan dalam merepresentasikan dan memanipulasi objek 3D secara mental. Kemampuan ini dibutuhkan bagi profesional medis dalam melakukan suatu prosedur medis yang melibatkan struktur internal tubuh yang tidak dapat terlihat secara langsung, sehingga harus bergantung pada model mental spasial dari struktur tersebut.¹⁴

Kemampuan spasial sebelumnya ditemukan dapat memprediksi keberhasilan dalam pembelajaran anatomi^{2,8} dan pembedahan^{11,31}, literatur yang ditinjau pada penelitian ini melaporkan temuan yang sama^{21,23}. Temuan pada penelitian ini menjelaskan bahwa kemampuan visual-spasial tingkat tinggi berkaitan dengan kinerja prosedur bedah²³ dan kemampuan visual-spasial juga berkaitan dengan keterampilan laparotomi pada pemula bedah²⁴. Sebaliknya, Sirait *et al.*²² mengungkapkan tidak ada perbedaan antara tingkat kemampuan visual-spasial dengan keterampilan bedah secara umum, hal ini mengindikasikan bahwa seseorang dengan beragam tingkat kemampuan visual spasial dapat mempelajari tindakan dasar bedah. Dalam prosedur tindakan bedah selain diperlukan kemampuan membayangkan struktur anatomi yang dilakukan pembedahan atau prosedur yang dilakukan, juga dibutuhkan keahlian tangan yang baik. Dengan demikian, tidak ditemukannya perbedaan antara tingkat kemampuan spasial dengan kinerja bedah

dapat disebabkan karena terdapat faktor lain selain kemampuan spasial, yaitu gerakan tangan. Hal ini didukung oleh pernyataan Wanzel *et al.*²³ bahwa gerakan tangan (*hand motion*) yang efisien dapat menghasilkan prosedur bedah dan produk akhir yang lebih berkualitas. Selanjutnya karena sifatnya sebagai prediktor, maka dari itu tes kemampuan spasial dapat diberikan sebelum pembelajaran dimulai untuk mengevaluasi kemampuan spasial mahasiswa dan dengan demikian dapat mengidentifikasi mahasiswa yang mungkin kesulitan dalam memahami materi, sehingga bahan ajar tambahan dapat diberikan di awal sebelum pembelajaran dimulai. Tes ini juga dapat mengidentifikasi residen bedah yang membutuhkan modul tambahan untuk menguasai keterampilan tertentu.¹¹

Tes kemampuan spasial juga ditemukan dapat memprediksi hasil pada kedokteran gigi operatif preklinik termasuk mengidentifikasi kegagalan pada pembelajaran tersebut³ dan keterampilan kedokteran gigi restoratif tetapi tidak pada pembelajaran anatomi¹⁴. Pada literatur tersebut penilaian di kelas anatomi berdasarkan pada tes pilihan ganda dimana masing-masing soal tidak diklasifikasikan berdasarkan apakah menguji konten spasial atau tidak, sedangkan dalam penelitian sebelumnya Rochford *et al.*⁷ menemukan korelasi signifikan antara tes kemampuan spasial dan item pada tes anatomi yang menilai konten spasial secara spesifik. Dalam tinjauan ini juga ditemukan bahwa salah satu unsur kemampuan persepsi spasial (*spatial relationship awareness*) hanya memprediksi kinerja klasifikasi diagnostik dalam pengamatan mikroskopis pada tes yang diberikan di awal mata kuliah patologi²⁰, mengindikasikan bahwa kemampuan persepsi dapat berhenti memprediksi kinerja sebagai fungsi dari pengalaman atau pelatihan, temuan ini didukung dengan Wanzel *et al.*¹¹ yang menyatakan bahwa korelasi antara kemampuan visual-spasial dan kinerja bedah tidak lagi signifikan setelah sesi latihan 10 menit dengan umpan balik. Dalam artikel tersebut dikatakan bahwa mahasiswa kedokteran mampu mempelajari patologi mikroskopis dasar menggunakan *worked-out examples* terlepas dari kemampuan persepsi spasial.²⁰ Hal ini mungkin disebabkan oleh *worked-out examples* yang digunakan telah menunjukkan semua langkah

yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas atau memecahkan masalah sehingga kemampuan persepsi spasial tidak lagi diperlukan.

Penelitian sebelumnya mengusulkan bahwa kemampuan visuospasial berkembang sejak lahir berdasarkan pengalaman dan kemampuan yang diwariskan.^{32,33} Pandangan lain menunjukkan bahwa kemampuan spasial bawaan (yang sudah ada sebelumnya) dapat membantu seseorang melakukan sesuatu dengan baik dan keterampilan tersebut dapat ditingkatkan melalui pelatihan.^{33,34} Pada tinjauan ini, ditemukan bahwa kemampuan spasial mahasiswa kedokteran meningkat selama mengikuti mata kuliah *gross anatomy*.^{18,21} Hal ini karena aktivitas dalam mempelajari anatomi melatih kognisi spasial mahasiswa, selain itu kemampuan spasial yang dimiliki oleh setiap mahasiswa juga berpengaruh dalam meningkatkan pembelajaran pada mata kuliah tersebut.²¹ Pembelajaran di kedokteran gigi juga ditemukan dapat meningkatkan kemampuan untuk membayangkan transformasi spasial gigi.¹⁴ Tinjauan literatur pada penelitian ini sejalan dengan penemuan terdahulu, memperlihatkan bahwa mata kuliah di kedokteran dan kedokteran gigi dapat meningkatkan kemampuan spasial dan kemampuan spasial seseorang dapat meningkatkan kinerja pada mata kuliah tertentu di kedokteran dan kedokteran gigi.

Terdapat perbedaan perbandingan antara pengajaran 2D dan 3D pada penelitian sebelumnya, beberapa penelitian menunjukkan tidak ada perbedaan antara metode^{35,36}, sementara penelitian lain mendukung keunggulan teknologi 3D.^{37,38} Tinjauan ini mendukung kedua pernyataan tersebut, pada artikel yang ditelaah dijelaskan bahwa penggunaan model anatomi 3D berbasis komputer, baik pada halaman web²⁷, stereoskopis²⁹, maupun holografik³⁰, dalam pengajaran anatomi mampu membantu siswa dengan kemampuan spasial rendah^{28,29} dan dapat meningkatkan kemampuan spasial siswa.²⁸ Kelebihan dari model ini adalah kemampuannya untuk mengamati hubungan spasial dari sudut pandang manapun yang diinginkan menyajikan kompleksitas spasial suatu struktur dengan lebih baik dibandingkan dengan gambar pada buku atau sumber lain yang hanya memperlihatkan gambaran objek 2D, namun keuntungan dari model 3D dapat

berkurang jika terlalu banyak kontrol aktif yang diberikan dan dapat berdampak negatif terutama pada individu dengan kemampuan spasial rendah.²⁷ Sementara itu, Tan *et al.*²⁶ menunjukkan bahwa model 3D tidak lebih menguntungkan daripada model 2D, dalam artikel tersebut dijelaskan pula bahwa tidak ada asosiasi antara kemampuan spasial dan pembelajaran anatomi, hal ini disebabkan oleh skor kemampuan spasial yang kurang bervariasi akibat dari terbatasnya jumlah sampel sehingga sulit untuk membedakan kemampuan spasial tinggi dan rendah.

Kemampuan spasial diukur menggunakan tes kemampuan spasial, banyak pengukuran kemampuan spasial yang telah dikembangkan dan masing-masing mungkin mengukur aspek kemampuan spasial yang sedikit berbeda¹⁸. Tinjauan ini menunjukkan bahwa *Mental Rotation Test* (MRT) Vandenberg dan Kuse merupakan tes yang paling banyak digunakan untuk mengukur kemampuan spasial, namun terdapat satu artikel yang menilai kemampuan spasial menggunakan skala *5-point Likert* yang terdapat pada kuesioner yang dibagikan.³⁰ Pada setiap soal MRT tersusun atas lima gambar, terdiri dari satu gambar target yang terletak di posisi paling kiri diikuti oleh empat pilihan gambar: dua gambar merupakan gambar yang identik dengan target tetapi ditampilkan dalam berbagai arah (diputar) sementara dua gambar lainnya sebagai pengecoh. Soal ini dikerjakan dengan memilih dua gambar yang tepat dari gambar target yang diputar dari empat pilihan gambar yang tersedia, sehingga cara perhitungan pada tes ini lebih dapat mewakili kemampuan spasial seseorang. Sementara itu tugas pada skala *Likert* adalah memilih dari skala 1 (tidak efektif) sampai dengan skala 5 (sangat efektif) mengenai efektivitas pengajaran orientasi spasial atau hubungan antara struktur anatomi.³⁰ Dengan demikian, skala *Likert* dapat digunakan apabila penilaian kemampuan spasial secara kualitatif dilakukan, sedangkan apabila ingin mengukur kemampuan spasial secara kuantitatif dapat menggunakan MRT. Skala *Likert* membutuhkan waktu yang lebih singkat dan pilihan jawaban yang disajikan lebih mudah untuk dijawab dibandingkan dengan MRT, tetapi hasil yang diperoleh mungkin tidak objektif dan tidak dapat menilai semua kriteria yang dibutuhkan.

Selanjutnya dari tinjauan ini terlihat bahwa terdapat perbedaan antara kemampuan spasial pria dan wanita dimana dari hasil pengukuran, pria menunjukkan kemampuan spasial yang lebih baik daripada wanita. Penelitian sebelumnya menjelaskan perbedaan ini berdasarkan kadar testosteron dan strategi respons.³⁹

Pembelajaran dalam bidang kedokteran dan kedokteran gigi tidak terlepas dari kemampuan spasial. Kemampuan spasial yang dimiliki setiap individu dapat membantu dalam memahami tindakan yang berkaitan dengan bidang anatomi. Tinjauan ini menunjukkan bahwa kemampuan spasial dapat digunakan sebagai alat bantu untuk meningkatkan kemampuan spasial sehingga dapat memudahkan individu mengerjakan suatu tindakan medis. Keterampilan berpikir spasial dapat ditingkatkan melalui pelatihan^{33,34}, oleh karena itu modul tambahan mengenai pembelajaran kemampuan spasial dalam kurikulum pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi khususnya pada jenjang sarjana dapat diberikan sebagai upaya untuk mengembangkan kemampuan spasial yang sudah dimiliki. Modul yang diberikan dapat berupa tradisional yaitu melalui pembedahan kadaver, hal ini didukung oleh temuan Vorstenbosch *et al.*¹⁸ dan Lufler *et al.*²¹ bahwa kemampuan spasial mahasiswa meningkat selama mengikuti mata kuliah gross anatomy. Modul tambahan juga dapat diberikan secara modern menggunakan model anatomi 3D pada komputer atau proyeksi gambaran 3D, pernyataan ini didukung oleh temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan model anatomi 3D berbasis komputer, baik pada halaman web²⁷, stereoskopis²⁹, maupun holografik³⁰ dapat membantu mahasiswa dengan kemampuan spasial rendah^{28,29}. Modul pengajaran kemampuan spasial baik tradisional maupun modern diharapkan dapat mendiagnosis kemampuan spasial individu yang tergolong rendah sekaligus dapat melatih serta meningkatkan kognisi spasial individu. Melalui modul tersebut, diharapkan kinerja individu dalam tindakan medis menjadi lebih baik sehingga dapat menghasilkan tenaga kesehatan yang lebih berkualitas dan kompeten.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Dalam penyeleksian artikel mungkin terdapat artikel relevan yang dieksklusikan akibat dari

keyword pada *database* yang kurang bervariasi, dan mungkin terdapat perbedaan makna dalam menyimpulkan dan menginterpretasikan data. Selain itu, penelitian ini mungkin melewatkan nilai penting yang terkandung dalam literatur.

KESIMPULAN

Kemampuan spasial dapat digunakan sebagai prediktor keberhasilan. Kemampuan spasial yang baik memudahkan pelajar dalam mempelajari konteks yang membutuhkan pemahaman spasial dan kemampuan spasial dapat dilatih dari proses belajar tersebut. Modul tambahan baik secara tradisional menggunakan kadaver ataupun modern melalui aplikasi model 3D kedalam metode pembelajaran dapat diberikan agar bermanfaat bagi individu dengan kemampuan spasial rendah sehingga dapat meningkatkan tingkat keberhasilan dalam pembelajaran.

SARAN

Penelitian klinis dibutuhkan untuk mengevaluasi kemampuan spasial pada program pendidikan kedokteran gigi dengan sampel yang bertempat tinggal di Indonesia. *Scoping review* yang akan datang dibutuhkan untuk mengevaluasi kemampuan spasial pada jenjang pendidikan yang berbeda secara rinci sehingga diperoleh data yang lebih spesifik. Implementasi dari modul tambahan kemampuan spasial dalam kurikulum pendidikan kedokteran dan kedokteran gigi di Indonesia dibutuhkan untuk mengevaluasi seberapa penting keterkaitan antara kemampuan spasial dan praktik medis yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dr. drg. Rasmi Rikmasari, Sp.Prof (K), Dr. drg. Kosterman, MM dan drg. Bremmy Laksono, M.Si, Med yang telah memberikan saran dalam penyelesaian penelitian ini.

DEKLARASI KEPENTINGAN

Para penulis mendeklarasikan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan apapun terkait studi pada naskah ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Nabilla Riadi Nur Ramadhani – pencarian literatur, ekstraksi data, analisis data, pengolahan data, dan publikasi manuskrip

Dani Rizali Firman – mengembangkan protokol review

Erli Sarilita – protokol review, pencarian literatur dan ekstraksi data

Yurika Ambar Lita – ekstraksi data dan analisis data

DAFTAR PUSTAKA

1. Yue C. Predicting and influencing training success: Spatial abilities and instructional design. *Med Educ.* 2015; 49(11): 1054–5.
2. Langlois J, Bellemare C, Toulouse J, Wells GA. Spatial abilities and technical skills performance in health care: A systematic review. *Med Educ.* 2015; 49(11): 1065–85.
3. Heintze U, Radeborg K, Bengtsson H, Stenlääs A. Assessment and evaluation of individual prerequisites for dental education. *Eur J Dent Educ.* 2004; 8(4): 152–60.
4. Kramer GA, Kubiak AT, Smith RM. Construct and predictive validities of the perceptual ability test. *J Dent Educ.* 1989; 53: 119–125.
5. Spratley MH. Aptitude testing and the selection of dental students. *Aust Dent J.* 1990; 35(2): 159–68.
6. Cronbach LJ. *Essentials of psychological testing*, 5th edn. New York: Harper and Row; 1990. 382 p.
7. Rochford K. Spatial learning disabilities and underachievement among university anatomy students. *Med Educ.* 1985; 19(1): 13–26.
8. Garg AX, Norman G, Sperotable L. How medical students learn spatial anatomy. *Lancet.* 2001; 357(9253): 363–4.
9. Gonzales RA, Ferns G, Vorstenbosch MATM, Smith CF. Does spatial awareness training affect anatomy learning in medical students? *Anat Sci Educ.* 2020; 13(6): 1–14.
10. Fernandez R, Dror IE, Smith C. Spatial abilities of expert clinical anatomists: Comparison of abilities between novices, intermediates, and experts in anatomy. *Anat Sci Educ.* 2011; 4(1): 1–8.
11. Wanzel KR, Hamstra SJ, Anastakis DJ, Matsumoto ED, Cusimano MD. Effect of visual-spatial ability on learning of spatially-complex surgical skills. *Lancet.* 2002; 359(9302): 230–1.
12. Hegarty M, Keehner M, Cohen C, Montello DR, Lippa Y. The role of spatial cognition in medicine: Applications for selecting and training professionals. In: Allen GL, editor. *Applied Spatial Cognition: From Research to Cognitive Technology*. 1st ed. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 2006. p. 285–315.
13. Clem D, Anderson S, Donaldson J, Hdeib M. An exploratory study of spatial ability and student achievement in sonography. *J Diagnostic Med Sonogr.* 2010; 26(4): 163–70.
14. Hegarty M, Keehner M, Khooshabeh P, Montello DR. How spatial abilities enhance, and are enhanced by, dental education. *Learn Individ Differ.* 2009; 19(1): 61–70.
15. Glittenberg C, Binder S. Using 3D computer simulations to enhance ophthalmic training. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2006; 26(1): 40–9.
16. Brenton H, Hernandez J, Bello F, Strutton P, Purkayastha S, Firth T, et al. Using multimedia and Web3D to enhance anatomy teaching. *Comput Educ.* 2007; 49(1): 32–53.
17. Brewer DN, Wilson TD, Eagleson R, De Ribaupierre S. Evaluation of neuroanatomical training using a 3D visual reality model. *Stud Health Technol Inform.* 2012; 173(November 2014): 85–91.
18. Vorstenbosch MATM, Klaassen TPFM, Donders ART, Kooloos JGM, Bolhuis SM, Laan RFJM. Learning anatomy enhances spatial ability. *Anat Sci Educ.* 2013; 6(4): 257–62.
19. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2018; 169(7): 467–73.
20. Helle L, Nivala M, Kronqvist P, Ericsson KA, Lehtinen E. Do prior knowledge, personality and visual perceptual ability predict student performance in microscopic pathology? *Med Educ.* 2010; 44(6): 621–9.

21. Lufler RS, Zumwalt AC, Romney CA, Hoagland TM. Effect of visual-spatial ability on medical students' performance in a gross anatomy course. *Anat Sci Educ.* 2012; 5(1): 3–9.
22. Sirait SP, Bashiruddin J, Prihartono J. Hubungan kemampuan visual spasial dengan kinerja keterampilan dasar bedah. *MDVI.* 2015; (16): 176–82.
23. Wanzel KR, Hamstra SJ, Caminiti MF, Anastakis DJ, Grober ED, Reznick RK. Visual-spatial ability correlates with efficiency of hand motion and successful surgical performance. *Surgery.* 2003; 134(5): 750–7.
24. Jungmann F, Gockel I, Hecht H, Kuhr K, Räsänen J, Sihvo E, et al. Impact of perceptual ability and mental imagery training on simulated laparoscopic knot-tying in surgical novices using a nissen fundoplication model. *Scand J Surg.* 2011; 100(2): 78–85.
25. Guimarães B, Firmino-Machado J, Tsisar S, Viana B, Pinto-Sousa M, Vieira- Marques P, et al. The role of anatomy computer-assisted learning on spatial abilities of medical students. *Anat Sci Educ.* 2019; 12(2): 138–53.
26. Tan S, Hu A, Wilson T, Ladak H, Haase P, Fung K. Role of a computer-generated three-dimensional laryngeal model in anatomy teaching for advanced learners. *J Laryngol Otol.* 2012; 126(4): 395–401.
27. Qi S, Yan Y, Li R, Hu J. The impact of active versus passive use of 3D technology: A study of dental students at Wuhan University, China. *J Dent Educ.* 2013; 77(11): 1536–42.
28. Allen LK, Eagleson R, de Ribaupierre S. Evaluation of an online three-dimensional interactive resource for undergraduate neuroanatomy education. *Anat Sci Educ.* 2016; 9(5): 431–9.
29. Cui D, Wilson TD, Rockhold RW, Lehman MN, Lynch JC. Evaluation of the effectiveness of 3D vascular stereoscopic models in anatomy instruction for first year medical students. *Anat Sci Educ.* 2017; 10(1): 34–45.
30. 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.
31. Clem DW, Donaldson J, Curs B, Anderson S, Hdeib M. Role of spatial ability as a probable ability determinant in skill acquisition for sonographic scanning. *J Ultrasound Med.* 2013; 32(3): 519–28.
32. Mathewson JH. Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Sci Educ.* 1999; 83(1): 33–54.
33. Feng J, Spence I, Pratt J. Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. *Psychol Sci.* 2007; 18(10): 850–5.
34. Terlecki MS, Newcombe NS LM. Durable and generalized effects of spatial experience on mental rotation: Gender differences in growth patterns. *Appl Cogn Psychol.* 2008; 996–1013.
35. Hu A, Wilson T, Ladak H, Haase P, Doyle P, Fung K. Evaluation of a three-dimensional educational computer model of the larynx: Voicing a new direction. *J Otolaryngol - Head Neck Surg.* 2010; 39(3): 315–22.
36. Keedy AW, Durack JC, Sandhu P, Chen EM, O'Sullivan PS, Breiman RS. Comparison of traditional methods with 3D computer models in the instruction of hepatobiliary anatomy. *Anat Sci Educ.* 2011; 4(2): 84–91.
37. Nguyen N, Mulla A, Nelson AJ, Wilson TD. Visuospatial anatomy comprehension: The role of spatial visualization ability and problem-solving strategies. *Anat Sci Educ.* 2014; 7(4): 280–8.
38. Nickel F, Hendrie JD, Bruckner T, Kowalewski KF, Kenngott HG, Müller-Stich BP, et al. Successful learning of surgical liver anatomy in a computer-based teaching module. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2016; 11(12): 2295–301.
39. Peters M. Sex differences and the factor of time in solving Vandenberg and Kuse mental rotation problems. *Brain Cogn.* 2005; 57(2): 176–84.