
POTENSI 3D PRINTING SEBAGAI MEDIA EDUKASI DALAM PENDIDIKAN KEPERAWATAN

Oleh

Mislan¹, Sigit Mulyono²

¹Mahasiswa Magister Keperawatan Medikal Bedah FIK Universitas Indonesia

²Departemen Dasar Keperawatan dan Keperawatan Dasar FIK Universitas Indonesia

E-mail: ¹mislanrecca@gmail.com

Article History:

R Received: 22-12-2021

Revised: 16-01-2022

Accepted: 23-01-2022

Keywords:

3DPrinting, Pendidikan
Kesehatan, Pendidikan
Keperawatan

Abstract: Pendidikan keperawatan merupakan kunci untuk menyediakan kualitas dan standar pelayanan keperawatan yang tinggi secara konsisten. Metode pendidikan konvensional menggunakan kadaver dalam jumlah yang terbatas dan spesimen yang harus berada di laboratorium, ditambah dengan penerapan pembelajaran daring karena pandemi global Covid-19 menjadikan materi pembelajaran anatomi yang kompleks selalu menjadi hal yang sulit bagi mahasiswa. Salah satu pendekatan untuk meningkatkan pengalaman pendidikan dan menjadi investasi menarik adalah penggunaan teknologi baru berupa pencetakan model khusus 3D (3D Printing) yang dapat memberikan visualisasi detail dari variasi anatomi sehingga mudah diidentifikasi. Literature review ini bertujuan untuk mendeskripsikan penggunaan teknologi 3D printing dalam mendukung proses pembelajaran dan hasil yang terkait dengan teknologi 3D printing dari perspektif pendidikan. Studi ini mengidentifikasi 10 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Ada beberapa konteks pedagogis, termasuk materi pembelajaran anatomi. Semua kategori berkaitan dengan hasil belajar yang positif dan mendukung proses pembelajaran. Hasil belajar yang positif berkaitan dengan keterampilan, pengetahuan, persepsi dan emosi siswa. Hal ini membawa sikap yang lebih positif dan memungkinkan partisipasi aktif mahasiswa selama proses pembelajaran. Temuan ini menggambarkan berbagai penggunaan teknologi 3D printing yang dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan pendidikan termasuk pada bidang pendidikan keperawatan.

PENDAHULUAN

Teknologi digital saat ini memainkan peran vital dalam pengembangan dunia pendidikan, pemanfaatan teknologi digital yang mutakhir sebagai media pembelajaran menjadi prioritas utama pendidikan di masa depan. Teknologi digital yang sedang intens pengembangannya di lingkup pendidikan internasional adalah teknologi 3D seperti augmented reality, virtual reality, 3D printing dan gambar 3D (Alhonkoski et al., 2021). Di negara-negara maju Amerika dan Asia, teknologi 3D telah menjadi substansi yang umum digunakan pada materi wajib pendidikan berbagai bidang keilmuan (Choong et al., 2020). Kondisi pandemi COVID-19 dengan angka penyebaran infeksi, mobiditas dan mortalitasnya yang tinggi mengharuskan dilakukannya pembatasan sosial berskala besar. Hal ini telah menjadi penilaian dan pertimbangan tersendiri bagi masyarakat pendidikan internasional akan pentingnya pengembangan teknologi 3D dalam pembaruan struktur kurikulum pendidikan (Siahaan, 2020). Pendekatan dengan konten teknologi 3D ini di Indonesia belum begitu populer dan masih sangat sedikit penggunaannya (Nugraha & Hidayat, 2019). Dengan Indonesia saat ini memiliki visi untuk masuk dan memainkan peran penting dalam perdagangan dan ekonomi global, tuntutan terhadap institusi pendidikan menengah maupun perguruan tinggi kekhususan dan universitas dalam menghasilkan peserta didik sebagai human resources yang berkualitas semakin urgen. Dalam mencapai tujuan ini tentunya diperlukan metode pendidikan yang peka dan mengadaptasi perkembangan teknologi terkini, salah satunya adalah teknologi 3D (Putriani & Hudaidah, 2021).

Diantara pilihan teknologi 3D tersebut salah satu yang memiliki potensi menjanjikan adalah teknologi pencetakan tiga dimensi (Alhonkoski et al., 2021). Pencetakan 3D (3D printing) atau juga dikenal sebagai additive layer manufacturing merupakan suatu cara yang unik dalam memberikan wujud nyata dari design struktur 3D yang telah dibuat dengan program komputer Computer-Aided Design (CAD) melalui pencetakan dari substansi cair maupun padat yang diproses lapis demi lapis (North et al., 2019). Teknologi 3D printing dalam beberapa tahun terakhir semakin dikenal dan menarik perhatian dengan potensinya dalam memangkas waktu dan biaya secara signifikan untuk pembuatan desain mekanis dan informasi digital yang berhubungan dengan struktur pemodelan. Kajian terhadap materi pemodelan 3D beberapa dekade kebelakang selalu disajikan oleh para akademisi dalam bentuk sederhana diagram 2D. Namun, saat ini konten materi pembelajaran yang berisi penerapan teknologi 3D Printing mampu memberikan warna baru dalam merancang program pembelajaran yang lebih futuristik.

Penerapan teknologi 3D Printing telah diketahui dapat meminimalkan ketergantungan pada peralatan mahal atau pengrajin terampil untuk menghasilkan desain prototipe. Sehingga teknologi 3D printing turut diperkenalkan ke dalam pendidikan bidang teknik dan kejuruan sebagai sebuah inovasi (Lubis et al., 2016). Huang et al., (2019) mengeksplorasi potensi penerapan media pembelajaran berwujud pencetakan 3D dalam hasil belajar pada mahasiswa program teknik. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model padat cetak 3D menghasilkan pengembangan kemampuan spasial yang berbeda seperti rotasi mental dan visualisasi spasial objek. Pengenalan dan program eksperimentasi penggunaan teknologi 3D Printing ini juga telah merambah pada pada bidang keilmuan Sains, Teknologi, Seni, dan Matematika (STEAM) dan Kesehatan. Secara khusus, media peraga yang dibuat menggunakan teknologi 3D printing dapat memberikan sejumlah manfaat bagi rumpun

disiplin ilmu kesehatan, ilmu alam, dan seni tersebut (Huang et al., 2019).

Dalam bidang kesehatan, pengaplikasian teknologi 3D Printing juga terbukti telah memberikan efek yang positif dengan menekan pengeluaran biaya produksi pembuatan stent medis khusus, pembuatan organ tubuh tiruan seperti telinga, tangan, kaki, gigi dan lain-lain yang dapat digunakan sebagai pengganti organ maupun sebagai media peraga dalam pendidikan kedokteran tetapi tetap dapat memberikan kualitas hasil yang memuaskan. Sementara phantom standar yang tersedia di pasaran memiliki label harga yang tinggi. Di USA penggunaan teknologi 3D printing untuk simulasi training bedah craniofacial sebesar 23%, Jerman 15,4%, Canada 11,5%, China 11,5% dan Thailand 3,4% (Mehrotra & Markus, 2021). Di Indonesia, penggunaan teknologi 3D printing secara umum pada bidang manufaktur dan kesehatan sebesar 4% dan belum secara spesifik terintegrasi dalam program pendidikan (Nugraha & Hidayat, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Lozano et al., (2019) dengan melibatkan responden dari mahasiswa beberapa program studi yaitu odontologi, kedokteran, keperawatan terapi okupasi, ilmu kesehatan dan fisioterapi terhadap penggunaan 3D Printing dalam pembelajaran sistem anatomi memberikan umpan balik yang positif. Model Cetak 3D dianggap memberikan keuntungan karena lebih mudah dalam ketersediaan, lebih kuat dan menyajikan lebih sedikit kerusakan serta memberikan lebih banyak detail anatomi dibanding kadaver asli.

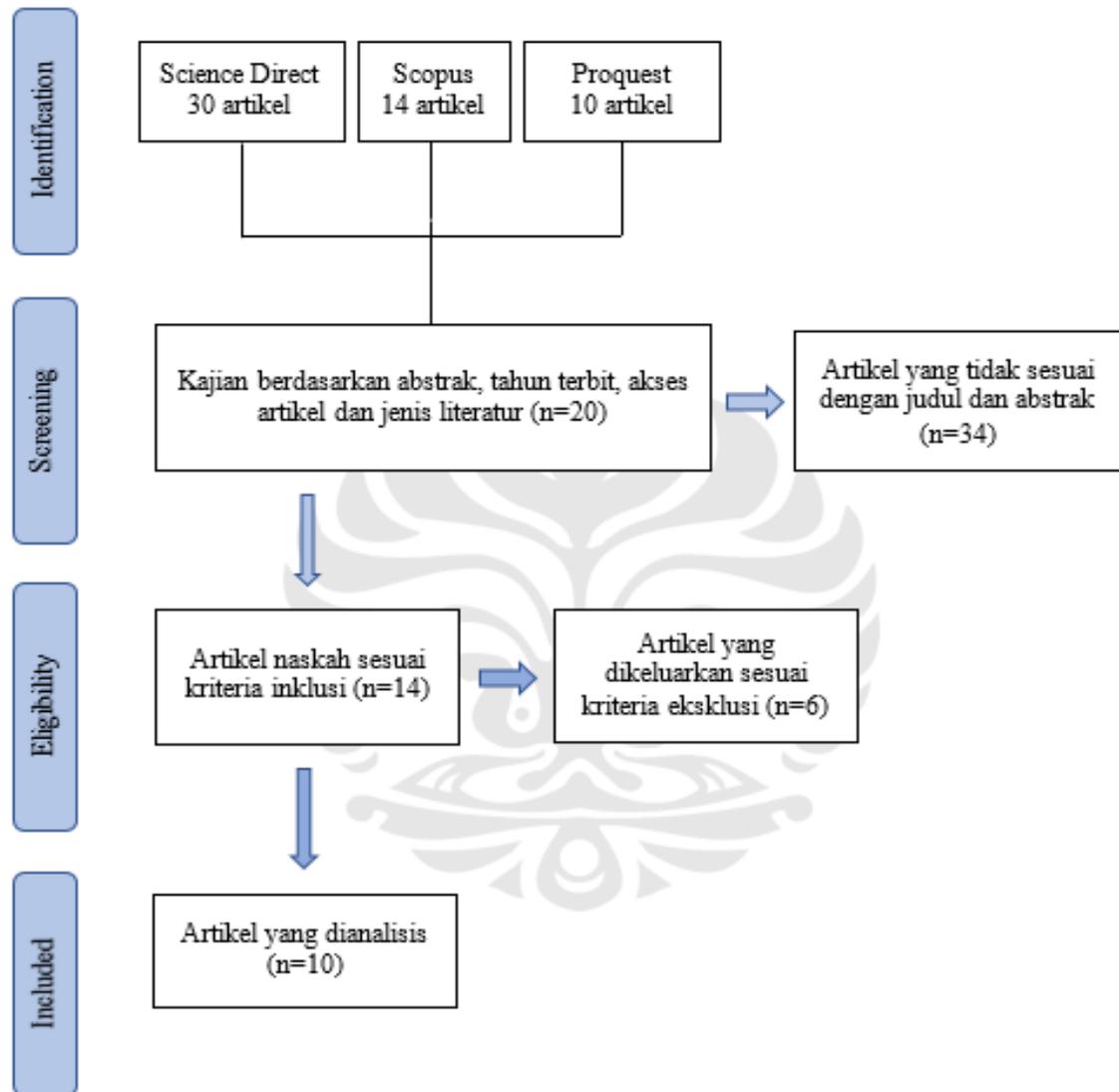
Khusus pada lingkup kajian ilmu keperawatan, aplikasi 3D printing juga turut dieksplorasi. Penelitian tentang pemahaman dan tanggapan mahasiswa sarjana dan pascasarjana keperawatan terhadap teknologi 3D printing yang dilakukan oleh Anagnostopoulos et al., (2021) memperlihatkan pemahaman yang baik dan tanggapan positif mahasiswa sarjana dan pascasarjana keperawatan serta meyakini bahwa teknologi 3D printing ini layak mendapat perhatian karena dapat berkontribusi nyata dalam ruang lingkup medikal keperawatan. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa 3D Printing layak digunakan sebagai media edukasi dalam bidang pendidikan, khususnya rumpun kesehatan termasuk salah satunya bidang keperawatan, yang mana kajian anatomi dalam keperawatan menitikberatkan pada pentingnya penguasaan ilmu fisiologi dan struktur-struktur organ yang terkait (Biglino et al., 2017). Penulisan artikel ini bertujuan untuk memberikan gambaran dan gagasan dari hasil literatur review tentang perkembangan teknologi 3D Printing dan pemanfaatannya sebagai media edukasi dalam bidang ilmu kesehatan khususnya keperawatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode literatur review dengan menggunakan keywords "3D Printing technology in health and nursing education". Fokus penelitian ini adalah perkembangan 3D Printing di bidang pendidikan dan penerapan 3D Printing dalam bidang pendidikan kesehatan khususnya keperawatan. Literatur yang digunakan berupa artikel yang dikumpulkan dengan menggunakan mesin pencari seperti Science Direct, Scopus dan Proquest dengan tahun artikel yang diambil yaitu dalam rentang 5 tahun terakhir. Ditemukan 10 artikel dengan desain penelitian experimental (n=9) dan cross sectional (n=1) yang dilakukan analisis dan memenuhi kriteria inklusi. Artikel terkait meliputi beberapa bidang pendidikan; yaitu keperawatan, kedokteran, fisioterapi dan biomedis.

Kajian dari beberapa literatur yang diperoleh (n=10) disusun dengan pendekatan

naratif. Setelah menyaring teks lengkap dari artikel, kemudian disusun dengan pendekatan naratif untuk memberikan gambaran tentang penerapan teknologi 3D Printing dari perspektif pendidikan khususnya keperawatan. Informasi yang diambil dari artikel berupa desain studi, jenis artikel dan perspektif pendidikan. Berikut proses seleksi dan daftar artikel yang dianalisis sesuai dengan tema yang dibahas, yaitu potensi 3D Printing sebagai media edukasi dalam bidang pendidikan keperawatan.



Skema 1. Proses seleksi artikel

Tabel 1 Artikel yang mendukung pemilihan Literatur Review

| No | Penulis / Tahun | Judul Penelitian | Nama Jurnal | Tujuan Penelitian | Metode Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|------------------------|--|---------------------------------------|--|-------------------|---|
| 1 | Lozano et al., (2019) | <i>Evaluation of the Applicability of 3D Models as Perceived by the Students of Health Sciences</i> | <i>Journal of Medical Systems</i> | Mengetahui persepsi mahasiswa odontologi, kedokteran, keperawatan terapi okupasi, ilmu kesehatan dan fisioterapi terhadap penggunaan 3D Printing dalam pembelajaran sistem anatomi | Experimental | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mahasiswa memberikan umpan balik yang positif dan antusias terhadap seluruh materi pembelajaran yang menggunakan 3D Printing 2. Sistem baru ini menambah kreativitas dalam penyampaian materi kepada mahasiswa 3. Penggunaan 3D Printing memberikan perubahan yang positif dalam pembelajaran anatomi, lebih mudah dalam penyediaan maupun penggunaannya, memiliki tingkat kerusakan yang rendah dan detail anatomi yang lebih baik dibanding dengan potongan dan sisa-sisa kadaver asli |
| 2 | Biglino et al., (2017) | <i>Use of 3D models of congenital heart disease as an education tool for cardiac nurses</i> | <i>Wiley Congenital Heart Disease</i> | Menilai kelayakan penggunaan 3D Printing selama pelatihan untuk perawat kardiologi dan mengevaluasi potensi 3D Printing dalam konteks pendidikan dari perspektif perawat | Cross Sectional | <ol style="list-style-type: none"> 1. Penelitian menunjukkan kelayakan penggunaan 3D Printing selama pelatihan perawat kardiologi 2. 3D Printing diproduksi dengan menggunakan teknologi pencetakan 3D, dapat berguna dalam melatih perawat jantung dewasa dan pediatrik lebih memahami anatomi jantung, terutama pada struktur yang lebih kompleks. |
| 3 | Huang et al., (2019) | <i>Exploring the behavioral patterns transformation of learners in different 3D modeling teaching strategies</i> | <i>Computers in Human Behavior</i> | Mengeksplorasi perbedaan proses belajar metode pendidikan magang kognitif menggunakan model nyata 3D Printing dengan metode pendidikan tradisional yang menggunakan gambar 3D | Experimental | <ol style="list-style-type: none"> 1. Metode pengajaran magang kognitif dengan model nyata 3D memungkinkan siswa untuk membangun pengetahuan dan keterampilan metakognitif untuk proses pemecahan masalah secara lebih efektif. 2. Metode pengajaran tradisional dengan diagram 3D membantu siswa untuk mengkonstruksi pengetahuan dan keterampilan dasar, namun tidak mampu memfasilitasi kemampuan siswa untuk menerapkan |

| | | | | | | |
|---|---------------------------|--|-------------------------------|---|--|--|
| | | | | | pengetahuan dan keterampilan yang dipelajari untuk memecahkan masalah yang sebenarnya. | |
| 4 | North et al., (2019) | <i>3D Printing of Human Anatomical Models for Preoperative Surgical Planning</i> | <i>Procedia Manufacturing</i> | Mengetahui efektivitas penggunaan 3D Printing dalam pendidikan anatomi untuk mahasiswa kedokteran, perencanaan pra-operasi oleh para ahli bedah dan penjelasan prosedur operasi kepada pasien | Experimental | 1. 3D Printing dapat digunakan secara efektif dalam pendidikan anatomi untuk mahasiswa kedokteran yang sedang mengajar gelar sarjana. 2. 3D Printing juga dapat digunakan untuk perencanaan pra-operasi oleh para ahli bedah serta membantu pasien memahami dan bekerja sama dalam prosedur medis |
| 5 | Zolotareva et al., (2021) | <i>Implementation of modeling elements and 3D printing technology for chemical objects in the educational process within the framework of the University</i> | <i>SIS Web of Conferences</i> | Mengungkapkan secara detail implementasi 3D Printing dalam proses pendidikan tingkat dasar sarjana dan magister pada bidang peminatan kimia | Experimental | 1. Teknologi 3D Printing membuka peluang yang luas dan sangat menjanjikan di bidang pembuatan model objek nyata molekuler kimia laboratorium untuk meningkatkan efektivitas proses pendidikan 2. Para siswa lebih terbantu dalam memahami istilah yang |

| | | | | | | |
|---|------------------------|--|---|--|--------------|---|
| | | | | | | sulit dan kompleks ketika merumuskan dan menafsirkan hukum kimia |
| 6 | Wagner et al., (2018) | <i>Three professions come together for an interdisciplinary approach to 3D printing: occupational therapy, biomedical engineering, and medical librarianship</i> | <i>Journal of the Medical Library Association</i> | Sosialisasi dan pengenalan secara langsung pada mahasiswa interdisiplin ilmu, (terapi okupasi, biomedis dan pustakawan medis) tentang potensi pengaplikasian 3D Printing dalam rangka menguji kelayakan untuk diterapkan pada kurikulum baru | Experimental | 1. Hasil penelitian menunjukkan kelayakan pengaplikasian 3D Printing untuk diadopsi dalam kurikulum disiplin ilmu kesehatan terapi okupasi, biomedis dan pustakawan medis 2. Meningkatkan kerjasama interdisiplin ilmu (terapi okupasi, biomedis dan pustakawan medis) serta membaik kesuitan untuk pengembangan kurikulum selanjutnya |
| 7 | (Popescu et al., 2019) | <i>Getting ready for Generation Z students - considerations on 3D printing curriculum</i> | <i>Propósitos y Representaciones</i> | Menganalisis penerapan dan implikasi metode pembelajaran interaktif menggunakan 3D printing pada pelajar generasi Z | Experimental | 1. Pelajar generasi Z lebih cenderung menyukai metode belajar dengan menggunakan 3D printing yang dinilai lebih praktis, tergambar secara nyata dan lebih komunikatif 2. Pelajar generasi Z menunjukkan ketertarikan |



| | | | | | | |
|---|------------------------|---|--------------------------------------|---|--|---|
| | | | | | <p>pada penguasaan yang bersifat digital, lebih banyak praktikal, serta aplikasi teknologi yang memungkinkan proses transfer ilmu dilakukan secara cepat dan efektif</p> <p>3. Pelajar generasi Z mayoritas memilih metode pembelajaran yang memberikan ruang untuk berpartisipasi aktif</p> <p>4. Konsentrasi yang rendah, kebiasaan melakukan multitasking dan minimnya ide kreatif serta kemampuan berpikir cepat menjadi pekerjaan tambahan untuk para pengajar.</p> | |
| 8 | Burgade et al., (2021) | <i>Use of 3D printing as a simulation tool for trauma surgery of the pelvis</i> | <i>Annals of 3D Printed Medicine</i> | <p>Mengupgrade pengetahuan tentang detail anatomi pelvic berdasarkan letak normalnya melalui media peraga simulasi terstruktur yang terdiri dari tulang pelvic, asetabulum, arteri iliaka, vesika urinaria, peritoneum dan otot abdomen</p> | Experimental | <p>1. Cetakan nyata anatomi tulang pelvic, asetabulum, arteri iliaka, vesika urinaria, peritoneum dan otot abdomen dalam bentuk 3D menambah lapang area penglihatan yang lebih detil. Selain itu memberikan sensasi</p> |



| | | | | | | | |
|---|---------------------|--|--------------------------------------|--|--------------|--|--|
| | | | | | | <p>dalam bentuk nyata 3D dengan fasilitas software yang bersifat gratis dan terbuka untuk umum (open source)</p> | <p>kelenturan struktur organ yang hampir menyamai dan presisi dengan bentuk nyata organ asli pada disiplin ilmu bedah orthopedi, dapat pula direkomendasikan sebagai media simulasi dan pendidikan pada bidang spesialisasi kedokteran bedah yang lain</p> <p>2. Printer 3D memiliki keterbatasan ukuran, sehingga hasil cetakan organ pada struktur yang lebih besar dirasa kurang proporsional. Untuk ini diperlukan upgrade dan pengembangan printer 3D, yang tentunya diiringi dengan kebutuhan biaya yang cukup besar</p> |
| 9 | Chen et al., (2020) | <i>3D Printing Technology Improves Medical Interns' Understanding of</i> | <i>Journal of Surgical Education</i> | <p>Meneliti perbedaan pengaruh antara penggunaan teknologi 3D Printing dengan diagram 2D terhadap pemahaman mahasiswa internship di RS</p> | Experimental | <p>1. Terdapat perbedaan pengaruh antara penggunaan teknologi 3D Printing dengan diagram 2D terhadap pemahaman mahasiswa internship pada</p> | |

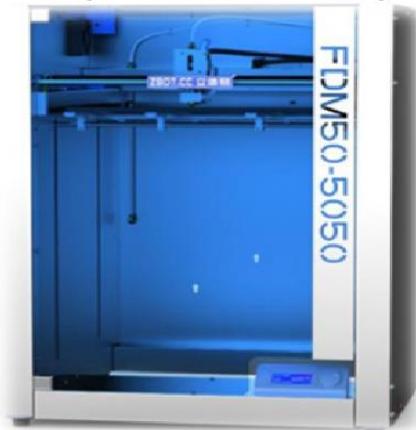
| | | |
|--|--|--|
| <i>Anatomy of Gastrocolic Trunk</i> | Pendidikan pada konsep anatomi Lengkung Heale | anatomi Lengkung Heale yang mana hasil print 3 dimensi lengkung heale memberikan pengaruh lebih signifikan 2. Dalam melihat pemahaman mahasiswa interkip pada variasi anatomi yang sulit perlu di rekomendasikan dan diterapkan pemilihan 3D printing sebagai media edukasi bagi para instruktur klinis |
| 10 Ormandy et al. (2011) <i>Difficult airways: a 3D printing study with virtual fiberoptic endoscopy</i> | <i>British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i> Sebagai studi awal pra pembedahan yang penting untuk mendapatkan gambaran nyata struktur airway guna memprediksi dan menemukan langkah-langkah pembedahan yang aman dan lebih antisipatif pada berbagai kemungkinan yang dapat terjadi | Experimental 1. 3D Printing memberikan gambaran detail dan nyata dari berbagai struktur anatomi yang mungkin dapat terjadi pada pasien dengan masalah medis airway dimana tidak dapat diketahui hanya dengan menggunakan hasil pemindaian CT Scan 2. Membantu Tim Bedah mempersiapkan rencana pembedahan yang aman, tepat, cepat dan antisipatif pada kemungkinan kondisi kritis melalui simulasi 3. Secara manajerial, penerapan teknologi 3D ini secara tidak langsung memerlukan beban cost tambahan. Seiring pengembangannya dan semakin banyak pengguna diharapkan dapat memberikan cost effective yang seimbang |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Umum

Sejarah penemuan printer 3D berawal ditahun 1986 setelah Charles Hull mematenkan printer stereolitografi, salah satu printer 3D paling awal. Kemudian pada tahun 1988, Scott Crump mematenkan design deposisi gabungan Fused Deposition Modeling (FDM), versi berbeda dalam pengembangan teknologi pencetakan 3D. Kedua tipe teknologi ini paling populer pada masanya di bidang percetakan 3 dimensi dan pembuatan prototipe cepat. Setelah dua dekade, lahir proyek RepRap yang didirikan oleh Dr Gordon, sebagai komunitas open source dengan tujuan membuat teknologi pencetakan 3 dimensi yang terbuka untuk siapa saja. Selanjutnya, kesadaran akan potensi teknologi pencetakan 3 dimensi terus berkembang dengan pesat dan lebih berguna. Saat ini, pembuatan prototipe cepat melalui percetakan tiga dimensi memiliki berbagai aplikasi di berbagai bidang antara lain bidang penelitian, pendidikan, teknik, industri medis, militer, konstruksi, arsitektur, industri fashion, industri komputer dan lainnya (Nugroho & Magriyanti., 2020).

3D printing adalah proses pembentukan benda padat dari sebuah rancangan gambar 3 dimensi menggunakan teknologi digital menjadi bentuk tiga dimensi atau bervolume yang konkrit dapat dilihat dan disentuh (Nugraha & Hidayat, 2019). Beberapa jenis printer 3D yang dijual secara komersil berdasarkan mekanismenya yaitu printer *Direct and Binder Printer 3D* dan *Photopolymerization and Sintering 3D Printer*. Printer 3D jenis direct dan binder berjalan dengan menerapkan mekanisme teknologi inkjet. Mekanisme yang sebenarnya mirip dengan yang ada pada printer 2D. Perbedaannya inkjet hanya bergerak maju mundur atau horizontal pada printer 2D, pada printer 3D selain bergerak maju mundur atau horizontal inkjet juga dapat bergerak vertikal dan diagonal (Horvath & Cameron., 2020).

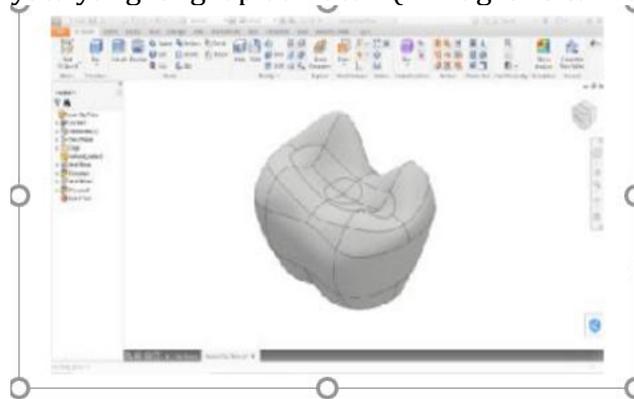


Gambar 1, 3D printer (Nugroho & Ardiansyah., 2018)

Cairan tinta yang digunakan pada printer 3D bukan tinta seperti yang terdapat pada printer 2D melainkan dalam bentuk *wax* dan polimer plastik (PLA dan ABS) pada printer direct. Dua bahan yang berbentuk bubuk kering dan lem cair digunakan pada printer 3D jenis binder untuk melakukan proses pencetakan (Lubis et al., 2016). Jenis printer 3D Photopolymerization dan sintering bekerja melalui cairan plastik yang diteteskan diikuti aktivasi sinar laser *UV*. Proses aktivasi sinar laser ini akan mempengaruhi senyawa cairan agar bertransformasi menjadi intensitas padat. Proses manufaktur dari bahan keras komposite logam dengan presisi yang tinggi sering membutuhkan mekanisme dari bentuk

padat kemudian cair lalu padat lagi. Sehingga sangat cocok menggunakan printer 3D jenis photopolymerization dan sintering (Horvath & Cameron., 2020).

Proses awal dalam mengoperasikan printer 3D adalah mendesign Model Objek 3D melalui software khusus untuk model desain 3D yang compatible, contohnya seperti Autodesk, solidwork, catia, delcam, dll. Hasil design obyek 3D di *save* dalam format .STL. Mayoritas teknologi 3D Printing berjalan dengan file format STL, cepat dan efektif untuk memotong objek dari layer pada saat proses pencetakan. Selanjutnya lakukan pengaturan layout printer, seperti: proporsi ketebalan dinding, lapisan, alas dan atas, kepadatan lapisan, kecepatan print, temperatur print, jenis bahan tinta yang digunakan, diameter filament dan aliran filament. Pengaturan ini bisa dilakukan dengan beberapa software open source yang bisa diakses melalui mesin pencarian website, salah satunya ialah software Cura. Output yang dihasilkan dari software Cura berupa file .GCODE yang kemudian akan terintegrasi ke printer 3D. Selanjutnya proses pencetakan dapat dilakukan. Printer akan langsung mengenali rancangan 3D dan mulai menyusun lapisan *layer by layer* secara otomatis untuk menghasilkan wujud nyata yang lengkap dan utuh (A. Nugroho & Ardiansyah., 2018).



Gambar 2, Design model objek 3D dengan software Autodesk (Zamheri et al., 2020)



Gambar 3, Hasil cetakan 3D anatomi pelvic (Burgade et al., 2021)

Deskripsi Penerapan 3D Printing di Bidang Pendidikan Keperawatan

Penerapan teknologi 3D printing pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan memberikan bukti bahwa teknologi 3D printing memberikan perubahan yang positif dalam pembelajaran anatomi, lebih mudah dalam penyediaan maupun penggunaannya, memiliki tingkat kerusakan yang rendah dan detail anatomi yang lebih baik. Kajian pada 10 literatur hasil penelitian yang terpublikasi di jurnal nasional maupun internasional, rata-rata dari

setiap penelitian pada artikel yang dianalisis menyatakan kelayakan pengaplikasian teknologi *3D Printing* untuk diadopsi penerapannya dalam penyelenggaraan pendidikan baik pendidikan bidang sains/teknik maupun disiplin ilmu keperawatan dan disiplin ilmu kesehatan yang lain. *3D Printing* memberikan gambaran detil dan nyata dari berbagai struktur anatomi yang sederhana hingga yang paling kompleks serta mampu melatih diri dalam membentuk pengetahuan dan keterampilan metakognitif untuk proses pemecahan masalah secara lebih efektif.

Teknologi *3D printing* adalah inovasi baru dalam bidang pendidikan keperawatan. Menurut Huang et al., (2019), penggunaannya melibatkan proses sebagai berikut:

1. Para pendidik pertama kali menjelaskan pengetahuan dasar tentang anatomi yang diperlukan, kemudian mendemonstrasikan proses konstruksi model *3D* yang telah ditentukan. Setelah demonstrasi, mahasiswa akan diminta untuk membuat model *3D* yang sama mengikuti langkah-langkah yang telah dijelaskan.
2. Pada sesi kedua, strategi pembelajaran magang kognitif diterapkan. Para pendidik masih menjelaskan tentang pengetahuan dasar yang esensial dikombinasikan dengan demonstrasi kembali model yang sederhana untuk membantu mahasiswa membangun struktur pengetahuan dasar.
3. Proses selanjutnya adalah menggabungkan pengetahuan dan keterampilan yang akan diaplikasikan dalam konstruksi model sederhana dan dilanjutkan secara bertahap untuk membangun model yang lebih kompleks. Setelah demonstrasi model kompleks selesai, mahasiswa diberi tugas untuk menyelesaikan sesi tersebut.
4. Para pendidik juga akan memberikan bimbingan dan arahan yang akan membantu mahasiswa untuk dapat mengaplikasikan pengetahuan dan teknik yang diperoleh setelah melalui serangkaian demonstrasi klinis menggunakan media edukasi *3D* model pada proses pemecahan masalah. Selain itu, mahasiswa didorong untuk bertukar ide-ide dalam pemecahan masalah, mendiskusikan dan mengembangkan solusi yang lebih luas serta mendapatkan lebih banyak pengalaman praktis.

Alat bantu peraga atau media edukasi yang dibutuhkan akan lebih fleksibel sehingga lebih mudah disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran yang bersifat praktikal atau demonstrasi dengan menggunakan teknologi *3D printing*, karena salah satu keunggulan teknologi pencetakan *3D* yang populer yaitu kustomisasi yang luas. Para pendidik dengan ide-ide khusus tentang model fisik yang akan digunakan dalam penyampaian materi pembelajaran mungkin merasakan kesulitan dalam mendapatkan alat peraga di pasaran atau outlet penyedia alat kesehatan. Namun dengan kemampuan design dan pencetakan model *3D* dapat menghasilkan alat bantu pembelajaran yang inovatif yang tidak dibatasi oleh kompleksitas atau ketersediaan. Keterbatasan beberapa pendidik yang tidak memiliki keterampilan untuk merancang model alat bantu; terdapat beberapa model *open source* yang dapat diunduh dari repositori online yang sangat cocok dengan spesifikasinya. Model-model ini dapat dicetak di ruang kelas mereka, sehingga meningkatkan pengalaman dalam proses pembelajaran (Inoma et al., 2020).

Proses adaptasi dan penerapan teknologi *3D Printing* dalam pendidikan khususnya keperawatan menghadapi beberapa tantangan, seperti masalah integrasi metode belajar dengan kurikulum yang telah ada (Biglino et al., 2017), pertimbangan *cost operasional* untuk pengadaan printer *3D* dengan 1 unit memiliki kisaran harga ratusan juta rupiah belum ditambah dengan *cost* pengembangan dan pemeliharaan instalasi printer *3D* tersebut, serta

ketahanan terhadap teknologi dengan perubahan yang begitu cepat dan sangat dinamis. (Ormandy et al., 2021). Dalam pengembangannya di negara-negara maju Amerika, Asia dan Eropa, 3D printing sudah menjadi konten keseharian dalam proses belajar-mengajar diberbagai bidang keilmuan seperti sains, teknik, seni, matematika (STEAM), kesehatan dan keperawatan. (Choong et al., 2020). Namun metode ini belum banyak dikembangkan di negara-negara berkembang termasuk di Indonesia. Di Indonesia penerapan 3D printing pada program pendidikan masih terbatas pada materi mata ajar di bidang keilmuan teknik dan sekolah kejuruan. (Putriani & Hudaidah, 2021).

KESIMPULAN

Adopsi dan adaptasi berbagai jenis media pendidikan kesehatan yang up to date baik secara manual maupun digital menjadi salah satu target pemerintah Indonesia. Teknologi *3D printing* dapat menjadi salah satu solusi dalam upaya menyediakan media edukasi yang memberikan kemudahan dan efektifitas dalam transfer pengetahuan melalui simulasi baik kepada peserta didik di lingkup akademik maupun di lingkup profesi. Dalam kaitannya dengan kebutuhan pengembangan materi kurikulum pendidikan, Perawat pendidik dan peneliti memiliki peran penting dalam upaya mendorong percepatan dan peningkatan integrasi pendidikan keperawatan dengan perkembangan teknologi digital terkini di Indonesia, salah satunya adalah teknologi 3D printing.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi pada terwujudnya *literatur review* ini :

1. Fakultas Ilmu Keperawatan Universitas Indonesia
2. Bapak La Ode Abdul Rahman, S.Kep., Ners, MBA selaku Koordinator Mata Ajar SIM
3. Bapak Dr. Sigit Mulyono, S.Kp., M.N selaku Fasilitator Kelas

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alhonkoski, M., Salminen, L., Pakarinen, A., & Veermans, M. (2021). 3D technology to support teaching and learning in health care education – A scoping review. *International Journal of Educational Research*, 105(November 2020), 101699. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101699>
- [2] Anagnostopoulos, S., Gallos, P., & Zoulias, E. (2021). *Knowledge and Perceptions of Undergraduate and Postgraduate Nursing Students About the Use of 3D Digital Printing in Healthcare*. 0, 4–5. <https://doi.org/10.3233/SHTI210274>
- [3] Biglino, G., Capelli, C., Koniordou, D., Robertshaw, D., Silvia, L. L., Taylor, A. M., & Wray, J. (2017). *Use of 3D models of congenital heart disease as an education tool for cardiac nurses*. July 2016, 113–118. <https://doi.org/10.1111/chd.12414>
- [4] Burgade, R., Uhl, J. F., Delmas, V., Mont-marin, G. D. De, Rosset, P., & Le-nail, L. R. (2021). Annals of 3D Printed Medicine Use of 3D printing as a simulation tool for trauma surgery of the pelvis. *Annals of 3D Printed Medicine*, 3, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.stlm.2021.100025>
- [5] Chen, Y., Qian, C., Shen, R., Wu, D., Bian, L., Qu, H., Fan, X., Liu, Z., Li, Y., & Xia, J. (2020). 3D Printing Technology Improves Medical Interns' Understanding of Anatomy of Gastrocolic Trunk. *Journal of Surgical Education*, 77(5), 1279–1284. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2020.02.031>

- [6] Choong, Y. Y. C., Tan, H. W., Patel, D. C., Choong, W. T. N., Chen, C. H., Low, H. Y., Tan, M. J., Patel, C. D., & Chua, C. K. (2020). The global rise of 3D printing during the COVID-19 pandemic. In *Nature Reviews Materials* (Vol. 5, Issue 9, pp. 637–639). <https://doi.org/10.1038/s41578-020-00234-3>
- [7] Horvath, J., & Cameron, R. (2020). Mastering 3D Printing. In *Mastering 3D Printing*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5842-2>
- [8] Huang, T., Chen, M., & Lin, C. (2019). Computers in Human Behavior Exploring the behavioral patterns transformation of learners in different 3D modeling teaching strategies. *Computers in Human Behavior*, 92, 670–678. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.08.028>
- [9] Inoma, A. O., Ibhádode, O. O., & Ibhádode, A. A. O. (2020). The perception and deployment of 3D printing in the Nigerian educational sector for science and engineering programs. *Scientific African*, 10, e00641. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00641>
- [10] Lozano, M. T. U., Haro, F. B., Ruggiero, A., Manzoor, S., & Méndez, J. A. J. (2019). *Evaluation of the Applicability of 3d Models as Perceived by the Students of Health Sciences*.
- [11] Lubis, S., Djamil, S., & Yolanda, Y. (2016). Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3D Printing Bahan Polymer Pla Dan Abs Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketelitian Dimensi Produk. *Sinergi*, 20(1), 27. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2016.1.005>
- [12] Mehrotra, D., & Markus, A. F. (2021). Emerging simulation technologies in global craniofacial surgical training. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 11(4), 486–499. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2021.06.002>
- [13] North, S. M. E., Singh, G., & Santhanakrishnan, S. (2019). ScienceDirect ScienceDirect 3D Printing of Human Anatomical Models for Preoperative Surgical Planning. *Procedia Manufacturing*, 48, 684–690. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.05.100>
- [14] Nugraha, L. H., & Hidayat, M. J. (2019). Redesain Cast Ortopedi Menggunakan Teknologi 3d Printing. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VII*, 615–620.
- [15] Nugroho, A., & Ardiansyah, R. (n.d.). *PEMBUATAN KOMPONEN LSU (LAPAN SURVEILLANCE UAV) DENGAN MENGGUNAKAN 3D PRINTER (LAPAN SURVEILLANCE UAV (LSU) PART MANUFACTURING WITH 3D PRINTER)*. 27–36.
- [16] Nugroho, S. A., & Magriyanti, A. A. (2020). *Perkembangan Teknologi Dalam Proses*. 13(1), 61–68.
- [17] Ormandy, D., Kolb, B., Jayaram, S., Burley, O., Kyzas, P., Vallance, H., & Vassiliou, L. (2021). Difficult airways: a 3D printing study with virtual fiberoptic endoscopy. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 59(2), e65–e71. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2020.08.045>
- [18] Popescu, D., Popa, D. M., & Cotet, B. G. (2019). Preparando a los estudiantes para la Generación Z: consideraciones sobre el currículo de impresión 3D. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 240–268. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-79992019000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
[http://www.scielo.org.pe/sciel](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2307-79992019000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

-
- [19] Putriani, J. D., & Hudaidah. (2021). Penerapan Pendidikan Indonesia di Era Revolusi Industri 4 . 0. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(3), 831–838.
- [20] Siahaan, M. (2020). Dampak Pandemi Covid-19 Terhadap Dunia Pendidikan. *Jurnal Kajian Ilmiah*, 1(1), 73–80. <https://doi.org/10.31599/jki.v1i1.265>
- [21] Wagner, J. B., Scheinfeld, L., Leeman, B., Otr, L., Pardini, K., & Flood, K. (2018). *Three professions come together for an interdisciplinary approach to 3D printing : occupational therapy , biomedical engineering , and medical librarianship*. 106(July), 370–377.
- [22] Zamheri, A., Syahputra, A. P., & Arifin, F. (2020). *Studi Penyusutan Pembuatan Gigi Palsu Dengan 3D Printing Fdm Pendekatan Metode Taguchi*. 12(2).
- [23] Zolotareva, N. V, Resnyanskaya, A. S., & Ocheredko, Y. A. (2021). *Implementation of modeling elements and 3D printing technology for chemical objects in the educational process within the framework of the « University – School » interaction system*. 00043.