

Tinjauan Literatur: Eksplorasi Potensi 3D Printing dalam Pendidikan Biologi

Hajrah ¹, Siti Khaeratul Mukarramah ²

¹ Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Indonesia

² Politeknik Dewantara Palopo, Indonesia

* hajrahsukri@uin-alauddin.ac.id

Abstrak

Pendidikan sains paling efektif ketika memberikan pengalaman otentik yang mencerminkan praktik dan pendekatan profesional yang mengatasi isu-isu yang relevan dengan kehidupan siswa dan komunitas. Pengalaman pendidikan seperti ini menjadi semakin interdisipliner dan dapat ditingkatkan dengan menggunakan fabrikasi digital. Fabrikasi digital adalah proses mendesain objek untuk tujuan fabrikasi dengan mesin seperti printer 3D, pemotong laser, dan mesin Computer Numerical Control (CNC). Secara historis, alat-alat seperti ini sangat mahal dan sulit diakses; namun, kemajuan terkini dalam desain teknologi dibarengi dengan penurunan harga. Dalam ulasan ini, pertama-tama Peneliti menetapkan landasan historis dan teoritis yang mendukung penggunaan fabrikasi digital sebagai strategi pedagogi untuk meningkatkan pembelajaran. Peneliti secara khusus memilih untuk memusatkan perhatian pada 3D Printing karena jenis teknologi ini semakin maju, terjangkau, dan tersedia secara luas. Peneliti secara sistematis meninjau literatur selama 20 tahun terakhir yang mencirikan penggunaan 3D Printing dalam pendidikan biologi, dan hanya menemukan total 13 artikel yang berupaya menyelidiki manfaat bagi pembelajaran siswa. Meskipun nilai pedagogis dari kreasi berbasis siswa sangat didukung oleh literatur pendidikan, membuat klaim luas tentang pembelajaran siswa dalam kaitannya dengan penggunaan atau Pengembangan model 3D Printing dalam konteks pendidikan biologi merupakan tantangan tersendiri. Studi tambahan diperlukan untuk menyelidiki secara sistematis dampak penciptaan berbasis siswa di persimpangan antara pendidikan biologi dan teknik atau ilmu komputer.

Kata Kunci: *Tinjauan Literatur, Eksplorasi, 3D Printing, Pendidikan Indonesia*

Pendahuluan

Fabrikasi digital dalam bentuk 3D Printing telah muncul sebagai pendekatan pedagogi inovatif untuk meningkatkan pembelajaran Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika (STEM) di berbagai lingkungan dan untuk berbagai tujuan. Bukti dari ilmu pembelajaran menunjukkan bahwa individu belajar ketika mereka terlibat dalam proses Pengembangan melalui fabrikasi digital (Fonna, 2019). Lebih jauh lagi, kemajuan teknologi fabrikasi terkini yang disertai dengan penurunan harga telah merevolusi apa yang bisa diciptakan di dunia modern. Sebagai demokratisasi penemuan apapun yang termotivas individu dapat mengakses bahan, alat, dan keahlian untuk menciptakan sesuatu rancangannya sendiri. Ide revolusioner ini adalah fondasi dari Gerakan / komunitas akar rumput yang terdiri dari para penghobi, pengotak-atik, pemrogram komputer, ilmuwan, insinyur, dan seniman (Mulyono, 2021). Gerakan ini

mendorong terciptanya Pengembangan edukatif sebagai pendekatan pedagogi untuk mendukung pembelajaran STEM di sekolah formal. Penelitian sebelumnya telah menghubungkan secara positif Pengembangan edukatif dengan perolehan pembelajaran dalam matematika, seni, menulis, komputasi, desain teknik, dan Publikasi (Nadha et al, 2022; Indriana et al, 2021). Hal ini juga dikaitkan dengan mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti kepercayaan diri yang kreatif, kemandirian diri dan ketekunan dalam pemecahan masalah, kecerdikan, dan keahlian adaptif (Surya, 2019).

Pada saat yang sama, terdapat peningkatan seruan untuk meningkatkan pendidikan teknik dan ilmu komputer. Fabrikasi digital adalah pendekatan efektif yang mengintegrasikan desain teknik dan komputasi, menyediakan mekanisme yang efisien untuk memaparkan siswa pada disiplin ilmu ini (Suprpto et al, 2012). Meskipun sebagian besar dokumen berbasis reformasi ini ditujukan untuk pendidikan, para pendidik di universitas juga harus memperhatikan seruan untuk meningkatkan pengajaran mereka melalui penyertaan peluang fabrikasi digital bagi mahasiswa. Laporannya yang mengidentifikasi tindakan-tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan pendidikan biologi, menekankan sifat interdisipliner biologi dan mencatat bahwa penemuan-penemuan terbaru dalam ilmu biologi terjadi hanya karena adanya perpaduan antara ilmu biologi dan biologi. disiplin ilmu yang sudah mapan. Pendidikan masa depan bagi para ilmuwan muda memerlukan perpecahan yang sudah lama ada di lembaga-lembaga akademik untuk mulai mengaburkan atau bahkan menghancurkan yang ada secara menyeluruh (NRC 2010). Perubahan dalam pendidikan yang memfokuskan perhatian secara lebih luas pada pelatihan tenaga kerja STEM tidak mengecualikan calon dokter kita, karena mereka juga harus dididik secara luas dengan fokus pada pembelajaran integratif dan interdisipliner (NRC 2010).

Namun, banyak penelitian yang bersifat edukatif Pengembangannya terjadi di ruang selektif (misalnya, klub robotika sekolah menengah atas) atau dengan kelompok khusus (misalnya, siswa pra-profesional). Peneliti menganjurkan agar pendekatan pedagogi ini harus digunakan dalam konteks ruang kelas formal dan laboratorium, tempat yang dapat diakses oleh lebih banyak individu. Fabrikasi digital dalam bentuk 3D Printing merupakan salah satu mekanisme yang menjanjikan untuk menarik berbagai kelompok individu. Namun, terlepas dari aspirasi karir masa depan, semua individu harus memiliki kesempatan untuk memperoleh kefasihan teknologi di abad ke-21. Hal ini sejalan dengan seruan di masa lalu untuk meningkatkan literasi sains bagi masyarakat umum untuk mempersiapkan warga negara terdidik yang mampu memahami dan berinteraksi dengan ide-ide ilmiah dalam kehidupan sehari-hari (Setyanto et al, 2018).

Agar memahami bagaimana dalam hal apa mendidik Pengembangannya telah digunakan untuk mendukung upaya dalam konteks pendidikan biologi, Peneliti melakukan tinjauan literatur sistematis dengan dipandu oleh pertanyaan berikut: Bagaimana fabrikasi digital dalam bentuk 3D Printing digunakan untuk mendukung pendidikan biologi? Untuk menjawab pertanyaan ini, pertama-tama Peneliti memberikan gambaran pandangan historis dan teoritis tentang pembelajaran yang mendukung penggunaan Pengembangan edukatif sebelum meninjau literatur saat ini. Memang benar, terdapat penelitian selama puluhan tahun di bidang pendidikan dan psikologi yang mendukung penggunaan pembelajaran edukatif untuk

meningkatkan pembelajaran. Pandangan historis dan teoretis tentang pembelajaran ini mendukung klaim Peneliti bahwa siswa harus mencipta untuk belajar. Peneliti berpendapat bahwa pemahaman terhadap pandangan-pandangan ini penting bagi semua orang dan tidak boleh hanya dilakukan oleh ilmuwan sosial dan peneliti pendidikan. Peneliti secara eksplisit membahas karya-karya ini dalam konteks jurnal agar para ilmuwan dapat memberi label pada karya-karya tersebut dan untuk menyediakan sumber daya serta pembenaran bagi mereka yang berupaya meningkatkan praktik pengajaran mereka di era peningkatan akuntabilitas dan pemotongan anggaran universitas (Widiandari et al, 2021). Yang terpenting, kita membutuhkan para pendidik untuk menyuarakan praktik terbaik karena banyak saran pedagogi dalam artikel ini bertentangan dengan tuntutan saat ini untuk meningkatkan pendaftaran kelas dan mengubah pembelajaran menjadi online (Saputra et al, 2020)

Dorongan untuk mengembangkan kurikulum yang melibatkan siswa yang menganjurkan metode pendidikan baru (Pangaribuan et al, 2019). Daripada sekadar memberi tahu siswa apa yang perlu mereka ketahui, pendekatan yang berpusat pada siswa yang menghargai pelajar sebagai makhluk yang berpikir. Pandangan ini bertentangan dengan metode pengajaran berbasis ceramah pada umumnya yang “memberi tahu” siswa apa yang penting. Pendekatan pengajaran yang berpusat pada siswa. Ide-ide ini diperluas untuk membantu pembelajaran; objek seperti blok geometris dan pola) Penggunaan benda-benda fisik untuk mendukung pembelajaran masih merupakan praktik umum dalam pengajaran saat ini; misalnya, pertimbangkan mata kuliah kimia organik yang mengundang siswa untuk menggunakan model tiga dimensi untuk mendukung visualisasi molekul kompleks. Selain itu, berupaya mengembangkan “pedagogi ilmiah” pendidikan, berdasarkan psikologi dan metode eksperimental (Syam et al, 2023). Selain itu, Montessori melihat perlunya melibatkan pelajar dalam pengalaman sensorik untuk mendukung perkembangan mereka. Ide-ide ini dipandang oleh sebagian orang sebagai landasan Gerakan Pembuat saat ini yang menyerukan penciptaan artefak bermakna yang didorong oleh siswa.

Pengembangan edukatif menyediakan mekanisme untuk mewujudkan visi untuk pembelajaran berbasis aktivitas yang relevan dengan kehidupan siswa dan masyarakat luas. Kemajuan teknologi terkini dalam teknologi fabrikasi telah memberikan alat baru untuk kreasi siswa yang dapat digunakan instruktur untuk meningkatkan praktik pengajaran mereka. Pembelajaran berdasarkan pengalaman merupakan gagasan bahwa siswa mempelajari pengetahuan dan keterampilan dengan berpartisipasi dan merefleksikan pengalaman langsung yang terjadi di dunia (tidak harus di ruang kelas). Kurikulum harus melibatkan siswa dalam aktivitas bermakna yang dimulai dengan minat mereka sendiri, bukan materi pelajaran yang telah ditentukan sebelumnya. Jenis pedagogi ini dikenal sebagai pembelajaran berbasis proyek dan merupakan praktik yang berlaku di banyak sekolah saat ini, selaras dengan pendekatan Pengembangan edukatif. Siswa dapat terlibat dalam proyek yang bermakna untuk membuat objek yang meningkatkan pembelajaran STEM mereka. (Minarni et al, 2019).

Pendidikan dan identitas sosial mempunyai keterkaitan yang sangat erat, dan ia percaya bahwa melalui dialog yang jujur dan saling percaya maka masyarakat akan mempunyai posisi yang lebih baik untuk merefleksikan dan mengenali realitas dunia mereka dan mulai

merumuskan rencana aksi untuk pembebasan. Pendekatan pedagogi ini disebut pendidikan yang mempresentasikan masalah,” yang ditempatkan pada permasalahan lokal dan pribadi, dengan tujuan memungkinkan siswa menganalisis secara kritis realitas dunia mereka dan mulai mengkonseptualisasikan kemungkinan-kemungkinan untuk menciptakan perubahan. siswa menerapkan budaya “re-purpose”, yaitu mencampurkan dan menggunakan kembali teknologi lama atau yang cacat dengan cara yang baru. Lebih lanjut, Pendidikan memberikan kesempatan untuk memvalidasi pengalaman pribadi siswa berprestasi rendah: mereka mungkin dapat memanfaatkan keahlian teknis yang ada di komunitas mereka di mana pekerjaan manual dan kerah biru lebih umum dilakukan. Singkatnya, teknologi telah mendemokratisasi dan meningkatkan kemampuan individu untuk berkreasi di dunia modern.

Pengalaman yang diperoleh siswa di kelas dipengaruhi oleh sejumlah perspektif teoretis tentang pembelajaran. Perilaku diubah oleh konsekuensi dan pembelajaran melibatkan reproduksi perilaku yang mempunyai hasil positif sambil menghindari perilaku yang mempunyai hasil negatif. Pembelajaran dapat dimaksimalkan melalui bahan ajar yang diprogram oleh guru yang dilatih dengan pendekatan behavioristik (Skinner, 1984). Namun pendekatan ini mengabaikan fakta bahwa pikiran dan perasaan internal mempengaruhi tindakan individu (Sakinah et al, 2022). Sisa-sisa teori pembelajaran behaviorisme Skinner masih terlihat jelas dalam praktik sekolah saat ini (misalnya, penghargaan dan sertifikat untuk menghargai perilaku; penahanan sebagai konsekuensi untuk mencegah perilaku; kurikulum yang kaku dan terstandarisasi), namun, para sarjana sepanjang abad ke-20 mendorong hal ini. kembali pada konsepsi reduksionisnya tentang pembelajaran dan perkembangan yang mendukung orientasi teoritis yang menganggap individu sebagai makhluk yang berpikir, mampu bertindak sesuai dengan keinginan bebasnya.

Implikasi konstruktivisme terhadap pengajaran dan pembelajaran sangatlah signifikan. Teori konstruktivisme Piaget difokuskan pada perkembangan kognitif dan pemahaman mendalam; alih-alih memandang pembelajaran sebagai jalur linier, pembelajaran justru dipandang sebagai sesuatu yang kompleks dan memiliki banyak segi (Suprpto, 2016). Konstruktivisme sering disebut sebagai pembenaran teoritis untuk pendekatan pembelajaran aktif yang meminta pendidik memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengaktifkan pengetahuan sebelumnya mengenai topik tertentu, menghentikan dan memproses informasi baru sehubungan dengan pengalaman masa lalu mereka, dan secara aktif menerapkan informasi baru ini pada topik yang relevan. tugas. Sekali lagi, Pengembangan edukatif menyediakan mekanisme untuk memandu perencanaan tugas pembelajaran yang relevan terkait dengan pengetahuan dan pengalaman hidup siswa sebelumnya. (Papert, 1980; Maknun, 2021). Berbeda dengan konstruktivisme, teori konstruksionisme Papert dapat diterapkan pada perspektif belajar mengajar. Individu belajar paling baik ketika mereka sedang membangun, namun pendidik juga dapat menggunakan ini untuk memandu desain instruksional dan pengajaran mereka. Konstruksionisme, sebagai teori pengajaran, kontras dengan model pengajaran transmisi - siswa yang hanya diberi tahu cara memecahkan suatu masalah, alih-alih mengalami cara memecahkan masalah, sering kali gagal memperoleh pembelajaran bermakna yang dapat diasimilasikan.

Tindakan menciptakan suatu objek melalui fabrikasi digital dalam bentuk 3D Printing memberikan harapan besar untuk pembelajaran. Pandangan historis dan teoritis telah mendorong pembelajaran melalui penciptaan selama ratusan tahun, namun kemajuan teknologi terkini telah merevolusi kemampuan individu untuk berkreasi di dunia modern. Banyak sekolah dan universitas menambahkan ruang di kampus untuk berkreasi, yang terkadang disebut sebagai ruang pembuat, laboratorium fabrikasi, atau studio desain. Namun, banyak dari ruang ini masih disediakan untuk mata kuliah tertentu (misalnya, studio seni; teknik) dan tidak digunakan secara interdisipliner di seluruh mata kuliah. Selain itu, jenis bidang konten tertentu, seperti ilmu kehidupan, kurang terwakili dalam literatur penelitian. Untuk memahami bagaimana dan dengan cara apa kreasi berbasis siswa yang menggunakan 3D Printing telah dimasukkan ke dalam upaya pendidikan biologi, Peneliti melakukan tinjauan literatur sistematis yang mencakup tahun 2000 hingga awal tahun 2020 dan mendiskusikan jarang upaya untuk mengintegrasikan hal ini ke dalam sistem yang sistematis. tata krama. Peneliti menyimpulkan dengan rekomendasi bagi para pendidik dan arahan untuk penelitian masa depan. Research methods

Pertanyaan umum berikut memandu tinjauan literatur Peneliti: Bagaimana fabrikasi digital dalam bentuk 3D Printing digunakan untuk mendukung pendidikan biologi? Meskipun Peneliti menyadari ada alat lain yang dapat mendukung konstruksi, Peneliti secara khusus memfokuskan perhatian pada printer 3D sebagai alat konstruksi karena penggunaannya yang semakin meningkat di lingkungan universitas disertai dengan penurunan harga (Khilma et al, 2023). Lebih lanjut, Peneliti secara khusus membatasi pencarian Peneliti pada penelitian yang menyelidiki hasil siswa atau guru yang terkait dengan 3D Printing dalam konteks pendidikan ilmu kehidupan atau biologi di seluruh pengalaman sekolah (sarjana, dan pascasarjana) untuk mendokumentasikan praktik pedagogi yang menjanjikan dan mengidentifikasi kesenjangan untuk penelitian masa depan di persimpangan antara biologi dan teknik atau pendidikan ilmu komputer.

Metode

Serangkaian mesin pencari dan istilah pencarian yang sesuai dengan berkonsultasi dengan tim proyek dan pustakawan. Peneliti secara khusus terdiri dari dosen biologi dan pendidikan STEAM, dan melibatkan beberapa mahasiswa. Pada akhirnya, peneliti menyertakan database online berikut dalam pencarian Peneliti karena fokusnya pada penelitian sains dan/atau pendidikan. Peneliti menghindari agregator basis data (yaitu, Web of Science, Google Cendekia) karena beragamnya kriteria untuk dimasukkan dalam jenis basis data ini. Istilah pencarian utama yang digunakan adalah “3D Printing” “Biologi / Ilmu Hayati” “Pendidikan / Pengajaran / Pembelajaran,” serta turunan dari istilah STEAM. Pencarian Peneliti juga terbatas pada tahun 2000 hingga 2020 karena akses terhadap teknologi 3D Printing telah meningkat dalam jangka waktu ini akibat turunnya harga dan kemajuan teknologi. Sehingga hanya artikel yang diterbitkan pada bulan Januari atau Februari 2020 yang dimasukkan dalam review. Ini menghasilkan total 454 artikel di berbagai mesin pencari.

Selanjutnya, sebagai sebuah tim, Peneliti mengevaluasi setiap makalah berdasarkan kriteria kualitas yang telah ditentukan Kitchenham untuk menentukan kesesuaian untuk dimasukkan dalam tinjauan ini. Secara khusus, Peneliti memastikan setiap artikel tidak bias, valid secara internal, dan valid secara eksternal. Suatu penelitian dianggap tidak bias jika penulis mengidentifikasi rincian yang cukup tentang keseluruhan tujuan penelitian, partisipan, metode pengumpulan data, dan analisis, serta temuan dan implikasi yang terkait dengan penelitian sebelumnya yang relevan. Suatu penelitian dianggap valid secara internal jika desain keseluruhannya dapat meminimalkan kesalahan sistematik dalam penelitian tersebut. Terakhir, suatu penelitian dianggap valid secara eksternal jika efek yang diamati kemungkinan besar dapat diterapkan di luar penelitian tersebut. Singkatnya, Peneliti menyertakan artikel empiris dengan desain penelitian yang masuk akal dan hasil yang berpotensi dapat digeneralisasikan.

Evaluasi Peneliti, Peneliti hanya menyertakan peer-review studi dalam bentuk artikel jurnal atau prosiding konferensi yang memiliki hubungan eksplisit dengan biologi atau ilmu kehidupan. Penelitian yang Peneliti masukkan mewakili beragam metodologi penelitian, mulai dari studi kasus kualitatif dengan jumlah partisipan terbatas hingga metode kuasi-eksperimental yang berupaya menguji intervensi spesifik dan sekaligus mengendalikan variabel asing. Selain itu, Peneliti menyertakan penelitian yang memusatkan perhatian pada semua jenis siswa atau pendidik, mulai dari sekolah hingga program pascasarjana pra-profesional. Sebagian besar artikel yang dikecualikan telah dihapus karena kurangnya fokus pada siswa, guru, atau pembelajaran. Sejumlah besar penelitian juga dikeluarkan karena gagal memfokuskan perhatian pada ilmu kehidupan secara spesifik. Ingatlah bahwa tujuan Peneliti adalah meninjau penelitian yang menyelidiki Table 1 Total studies reviewed versus included.

Tabel 1. Daftar Studi Literatur

Basis Data	Total	Termasuk dalam tinjauan
ACM	152	2
Wiley	7	4
EBSCO	8	2
Springer	53	0
ScienceDirect	216	4
NSTA	18	1
Total	454	13

Manfaat menggabungkan 3D Printing untuk proses pembelajaran atau pengajaran dalam ilmu kehidupan. Tim Peneliti bertemu setiap minggu selama 6 bulan untuk mengevaluasi 454 artikel yang disertakan dalam tinjauan. Diskusi digunakan untuk mencapai konsensus jika terdapat perbedaan pendapat mengenai apakah suatu artikel akan dimasukkan dalam tinjauan. Secara total, Peneliti menemukan 13 artikel yang memenuhi kriteria Peneliti (lihat Tabel 1).

Hasil

Bagian berikut memberikan ikhtisar dari 13 penelitian yang memenuhi kriteria inklusi Peneliti. Pertama, Peneliti menjelaskan jenis penelitian (metode kuantitatif, kualitatif, atau campuran), area fokus konten disiplin ilmu, dan partisipan yang terlibat dalam penelitian. Kemudian, Peneliti memberikan gambaran umum tentang bagaimana 3D Printing digunakan

untuk meningkatkan pengajaran atau pembelajaran, serta metode pengumpulan data untuk menilai pengalaman pembelajaran. Terakhir, Peneliti mendiskusikan signifikansi temuan ini secara keseluruhan dan menyimpulkan dengan rekomendasi untuk penelitian di masa depan.

Jenis penelitian

Peneliti menggunakan deskripsi desain penelitian Creswell untuk mengklasifikasikan penelitian yang termasuk dalam tinjauan ini sebagai metode kuantitatif, kualitatif, atau campuran (Creswell, 2009). Menurut Creswell, studi kuantitatif berupaya menguji hubungan antar variabel, paling sering melalui instrumen yang dirancang untuk mengukur konstruksi tertentu dan menghasilkan data numerik untuk analisis statistik; sedangkan studi kualitatif berusaha untuk mengeksplorasi dan memahami persepsi atau pengalaman partisipan dalam lingkungan tertentu mengenai masalah sosial atau kemanusiaan, paling sering melalui wawancara, kelompok fokus, atau observasi peneliti yang dianalisis secara induktif untuk menghasilkan tema deskriptif yang mencerminkan situasi. kompleksitas situasi. Terakhir, penelitian metode campuran menggunakan data kuantitatif dan kualitatif. Misalnya, penelitian metode campuran mungkin melibatkan pengumpulan data survei kuantitatif dengan menggunakan Responsnya berskala likert, namun melengkapi data kuantitatif dengan data kualitatif seperti wawancara atau observasi partisipan.

Mayoritas penelitian yang termasuk dalam tinjauan Peneliti melaporkan metodologi kuantitatif (enam) atau campuran (lima), dengan lebih sedikit penelitian (dua) yang melaporkan desain penelitian kualitatif. Dari studi kuantitatif, sebagian besar (lima dari enam) melaporkan menggunakan instrumen survei skala Likert: setengah dari studi ini (tiga) menggunakan survei untuk mengevaluasi keseluruhan pengalaman atau kepuasan siswa setelah menggunakan atau membuat mod 3D Printing. els, sedangkan separuh (tiga) sisanya menggunakan survei untuk menilai perubahan pemahaman konseptual siswa terhadap konten pembelajaran setelah menggunakan model 3D Printing. Demikian pula, semua studi metode campuran juga melakukan survei untuk mengevaluasi kepuasan peserta secara keseluruhan sebelum dan/atau setelah menggunakan model 3D Printing; namun penelitian ini mencakup jenis data kualitatif tambahan (misalnya, kelompok fokus, sampel pekerjaan siswa, observasi). Terakhir, kedua penelitian kualitatif ini terutama mengandalkan observasi siswa yang bekerja dengan materi 3D Printing.

Konteks: Mata Pelajaran dan Siswa

Semua studi yang termasuk dalam review berkaitan dengan biologi atau pendidikan ilmu hayat, secara lebih luas. Pemeriksaan yang lebih dekat terhadap bidang konten disiplin ilmu tertentu menunjukkan adanya keragaman fokus yang lebih besar. Sebagian besar penelitian menyelidiki 3D Printing dalam konteks mata kuliah anatomi (empat) atau biologi molekuler dan biokimia (tiga). Penelitian lain memfokuskan perhatian pada 3D Printing dalam konteks ilmu lingkungan (satu), terapi fisik (satu), kedokteran hewan (satu), kedokteran gigi (satu), biomekanik (satu), dan pembelajaran STEM umum (satu). Sebagian besar penelitian

menyelidiki 3D Printing dalam konteks tugas kuliah sarjana (enam) atau pembelajaran pascasarjana (empat). Lebih sedikit penelitian (dua) yang menyelidiki penggunaan materi 3D Printing pada siswa. Terakhir, hanya satu studi percontohan yang melibatkan peserta dari berbagai demografi usia (sekolah menengah atas dan sarjana).

Teknik Pengumpulan Data

Jenis data paling umum yang dikumpulkan dari 13 studi yang termasuk dalam tinjauan ini adalah tanggapan survei dari para partisipan. Namun, sebagian besar penelitian (11) hanya menggunakan survei untuk mengevaluasi pengalaman pengguna setelah menggunakan materi 3D Printing, bukan untuk menilai pembelajaran mereka. Dari penelitian-penelitian tersebut, lebih dari setengah (enam) menggunakan survei skala Likert yang dirancang oleh penulis; hanya dua dari penelitian ini yang secara eksplisit menyebutkan tambahan pertanyaan kualitatif dan terbuka. Penelitian lainnya yang menggunakan survei (lima) juga dirancang oleh penulis, namun tidak menggunakan desain skala Likert. Kurang dari setengah (lima) penelitian ini melaporkan tindakan yang diambil untuk memvalidasi instrumen survei. Hanya tiga penelitian yang termasuk dalam tinjauan ini yang memberikan penilaian konseptual sebelum/sesudah untuk mengukur perubahan dalam pembelajaran siswa sebagai akibat dari penggunaan atau Pengembangan materi 3D Printing. Jenis pengumpulan data lainnya kurang umum di seluruh penelitian. Secara khusus, hanya tiga penelitian yang melaporkan menggunakan observasi peserta yang terlibat dalam kegiatan pembelajaran. Demikian pula, hanya dua penelitian yang mengadakan kelompok fokus bagi peserta untuk menguraikan pengalaman atau tanggapan survei mereka. Hanya dua penelitian yang menggunakan sampel pekerjaan siswa sebagai bukti pembelajaran. Terakhir, hanya dua penelitian yang memasukkan nilai mata pelajaran sebagai ukuran untuk mengevaluasi hasil belajar siswa.

Apa yang Dicitak? Bagaimana Cara Penggunaannya?

Mengevaluasi luasnya tujuan penggunaan materi 3D Printing untuk meningkatkan pendidikan biologi, Peneliti juga menganalisis apa yang dicetak oleh setiap penelitian dan bagaimana mereka menggunakan artefak yang dibuat. Sebagian besar studi (enam) mencetak model tulang, organ, atau fitur spesifik tubuh manusia (misalnya, fossa pterigopa- latin; gigi) untuk digunakan dalam mata kuliah anatomi atau ilmu kesehatan. Tiga penelitian menyelidiki penggunaan model molekul atau protein kompleks yang di3D Printing untuk digunakan dalam pembelajaran biokimia; dua dari penelitian ini juga menyertakan antarmuka digital untuk digunakan bersama dengan model fisik. Dua penelitian tambahan memfokuskan perhatian pada objek 3D Printing untuk populasi siswa khusus, khususnya pencetakan teknologi bantu untuk terapi fisik dan pencetakan gambar taktil dari foto dua dimensi untuk digunakan dalam pembelajaran laboratorium STEM sarjana oleh siswa tunanetra atau tunanetra. Terakhir, dua penelitian menyelidiki penggunaan 3D Printing untuk siswa. Salah satu penelitian ini menyelidiki 3D Printing menggunakan plastik yang diambil dari laut untuk memperkenalkan anak-anak pada ilmu lingkungan dan konsep keberlanjutan. Studi yang tersisa melaporkan

penggunaan materi 3D Printing dalam acara penjangkauan STEM yang difasilitasi oleh mahasiswa sarjana untuk menggairahkan mahasiswa muda tentang studi biomekanik.

Dampak pada Pembelajaran

Hanya empat penelitian yang secara khusus mengukur perubahan dalam pemahaman konseptual siswa terkait dengan isi pembelajaran setelah menggunakan materi 3D Printing: semua penelitian ini melaporkan peningkatan perolehan konseptual ketika siswa diizinkan menggunakan model cetak. Namun, sebagian besar penelitian yang termasuk dalam tinjauan ini (delapan) hanya melaporkan temuan terkait kepuasan siswa dalam menggunakan materi 3D Printing. Dalam kasus ini, kedelapan orang tersebut melaporkan persepsi siswa yang positif. Sebuah penelitian unik karena berupaya mengukur identitas diri siswa muda sebagai ilmuwan dan insinyur, sikap terhadap teknik, dan sikap terhadap biomekanik setelah berpartisipasi dalam kegiatan penjangkauan menggunakan materi 3D Printing; Hasilnya menunjukkan kemajuan yang signifikan di ketiga bidang yang dinilai.

Pembahasan

Tinjauan sistematis terhadap literatur yang menyelidiki potensi 3D Printing untuk pengajaran dan pembelajaran pendidikan biologi sepanjang abad ke-21 (2000–2020). Hanya 13 dari 454 artikel yang ditinjau memenuhi kriteria inklusi Peneliti (lihat Lampiran A Tambahan). Alasan utama sebagian besar artikel dikeluarkan (411 dari 454) adalah karena artikel tersebut tidak berfokus pada pendidikan (yaitu terkait dengan penelitian pendidikan) atau terkait dengan ilmu biologi atau ilmu hayati. Dari sisa 30 artikel yang dikecualikan, 15 tidak terkait dengan 3D Printing dan 15 bukan studi empiris atau berpusat pada siswa. Semua artikel yang disertakan menggunakan 3D Printing dalam konteks biologi atau ilmu kehidupan dan berupaya mengevaluasi dampaknya terhadap siswa. Jenis siswanya bervariasi antar studi, mulai dari anak sekolah dasar hingga mahasiswa pasca sarjana yang sedang mengejar gelar profesional di bidang ilmu kesehatan. Metode penyelidikan yang paling umum adalah kuantitatif, dan banyak penelitian melaporkan penggunaan survei skala Likert. Namun, sebagian besar instrumen survei dirancang oleh penulis masing-masing penelitian dan lebih sedikit lagi yang melaporkan prosedur validasi survei. Lebih lanjut, sebagian besar survei digunakan untuk mengevaluasi kepuasan siswa dengan menggunakan materi 3D Printing dibandingkan perubahan konseptual dalam pemahaman mereka terhadap konten pembelajaran. Sebagian besar penelitian menggunakan model 3D Printing untuk mempelajari anatomi manusia (misalnya tulang, gigi, organ) atau studi biologi molekuler (misalnya protein, molekul kompleks).

Secara umum, semua penelitian melaporkan siswa positif hasil yang terhubung dengan penggunaan bahan 3D Printing. Namun, karena terbatasnya data yang dikumpulkan dan dianalisis di seluruh studi, sulit untuk membuat klaim luas tentang pembelajaran siswa dalam kaitannya dengan penggunaan atau Pengembangan model 3D Printing dalam konteks pendidikan biologi. Banyak penelitian gagal mengumpulkan berbagai jenis data untuk

melakukan triangulasi temuan mereka. Satu penelitian muncul sebagai pengecualian. Memasukkan tiga jenis data (survei kepuasan, penilaian konseptual, dan kelompok fokus) dalam analisisnya untuk menghasilkan klaim berbasis bukti tentang pembelajaran siswa sehubungan dengan penggunaan materi 3D Printing yang dikombinasikan dengan modul pembelajaran interaktif (Sahertian et al, 2017). Ini adalah satu-satunya penelitian yang melaporkan penggunaan tiga jenis data dalam analisisnya dan dengan demikian mampu membuat klaim yang lebih kuat tentang manfaat 3D Printing untuk pembelajaran. Penelitian di masa depan harus menggunakan desain penelitian metode campuran yang menyelidiki dampak terhadap pembelajaran siswa atau guru di berbagai sumber data.

Penelitian yang tidak ada ditinjau adalah penelitian yang berfokus pada pendidik. Tidak ada satu penelitian pun yang secara khusus memusatkan perhatian pada pengembangan profesional yang diperlukan bagi instruktur untuk menggabungkan fabrikasi digital dalam ilmu kehidupan. Peneliti menyadari bahwa kebutuhan pelatihan akan berbeda berdasarkan universitas dan lingkungan. Misalnya, fakultas STEM di universitas mungkin memerlukan pengembangan profesional yang ditargetkan mengenai nilai pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa, sedangkan guru mungkin memerlukan dukungan yang terkait dengan teknologi itu sendiri dan konten teknik atau ilmu komputer. Penelitian di masa depan harus menyelidiki dukungan pengembangan profesional yang diperlukan bagi pendidik K-16 untuk menggabungkan fabrikasi digital dalam konteks pendidikan biologi.

Arah Baru: Pelajar Sebagai Pencipta

Peneliti hanya menemukan satu penelitian yang menyelidiki siswa yang bertindak sebagai pencipta menggunakan teknologi 3D Printing. Menggambarkan lokakarya 3D Printing yang memungkinkan anak-anak membuat objek menggunakan plastik laut untuk belajar tentang prinsip-prinsip teknik dan kelestarian lingkungan (Siregar et al, 2022). Inilah satu-satunya kajian yang memposisikan mahasiswa sebagai pencipta. Menurut perspektif sejarah dan teoritis dalam pembelajaran, siswa harus terlibat secara aktif dalam proses desain, membangun objek yang bermakna untuk dibagikan kepada dunia. Peneliti berpendapat bahwa ini adalah kesenjangan yang signifikan dalam literatur saat ini.

Penelitian di masa depan harus menyelidiki pembelajaran tersebut yang terjadi ketika siswa berkreasi menggunakan teknologi, khususnya dalam domain ilmu hayati. Studi yang menyelidiki pembelajaran desain yang terinspirasi bioinspirasi merupakan konteks yang menjanjikan untuk melakukan penelitian di masa depan di persimpangan antara pendidikan biologi dan teknik dan menjadi semakin umum dalam pendidikan sarjana (Sadikin et al, 2020). Siswa memiliki akses ke studio desain dengan teknologi fabrikasi dan bekerja dalam kelompok yang berbeda-beda terlibat dalam proyek desain yang terinspirasi oleh bio dengan menggunakan pengetahuan teknik, biologi, kedokteran, seni, arsitektur, dan bisnis. Proyek-proyek sebelumnya mencakup perekat yang terinspirasi dari tokek, robot lari, dan prostetik medis. Demikian pula, banyak sekolah yang memiliki program dan proyek inovatif, namun sering kali kurang memiliki kapasitas untuk melakukan penelitian mendalam untuk menyelidiki hasil pembelajaran siswa secara sistematis (Rahmi et al, 2022). Peneliti mengusulkan agar

Dosen berkolaborasi dengan sekolah untuk menyelidiki hasil pembelajaran siswa di bidang teknik dan ilmu komputer. Kolaborasi ini dapat meningkatkan kesinambungan pengalaman belajar sepanjang karir pendidikan siswa, seperti yang dianjurkan (Amaida et al, 2022).

Selama pencarian literatur, Peneliti juga mempertimbangkan jenis teknologi lain selain 3D Printing yang menjanjikan untuk mengintegrasikan pendidikan biologi dan teknik atau ilmu komputer. Peneliti mengidentifikasi beberapa artikel yang menggunakan pemodelan 3D dan fabrikasi digital yang pada akhirnya bukan 3D Printing (misalnya, realitas virtual, realitas tertambah). Mirip dengan tinjauan Peneliti terhadap makalah yang berfokus pada 3D Printing, Peneliti menemukan bahwa sebagian besar penelitian ini tidak menyelidiki hasil pembelajaran atau memposisikan siswa sebagai pencipta. Seiring kemajuan teknologi, semakin banyak alat yang tersedia untuk meningkatkan cara siswa belajar dan cara pendidik melibatkan siswa dalam konten. Peneliti berpendapat bahwa setiap teknologi baru yang diterapkan di kelas harus diterapkan dengan cara yang melibatkan siswa dalam proses kreatif. Selain itu, teknologi ini harus ramah pengguna baik bagi pendidik maupun pencipta siswa. Masa depan pertumbuhan ekonomi sangat bergantung pada ketersediaan tenaga teknik yang berkualitas, yang awalnya harus dibangun di tingkat sekolah menengah dan dilanjutkan di perguruan tinggi dan universitas melalui dukungan dan penerapan aktif pendidikan STEAM.

Kesimpulan

Peneliti mengevaluasi literatur dalam upaya mengkarakterisasi penggunaan 3D Printing dalam pendidikan biologi. Meskipun ada kemungkinan Peneliti melewatkan beberapa penelitian dalam penelitian ini, Peneliti terkejut dengan kurangnya investigasi sistematis yang meneliti dampak 3D Printing terhadap pembelajaran siswa dalam ilmu kehidupan. Karya-karya historis dan teoretis di masa lalu telah menunjukkan manfaat melibatkan siswa dalam tindakan berkreasi untuk menyelesaikan proyek-proyek interdisipliner, namun penggunaan pendekatan pedagogis ini dalam ilmu kehidupan masih kurang dalam literatur penelitian secara keseluruhan. Landasan sejarah dan teori memberikan panduan bagaimana menjadi pendidik yang efektif. Pendidik harus lebih dari sekedar ahli konten. Mereka perlu menyadari bahwa pendidikan yang efektif harus merupakan pengalaman berkelanjutan yang menghubungkan semua aspek kehidupan siswa dan kita perlu melakukan lebih dari sekedar mereproduksi status quo karena kita bertanggung jawab untuk mendemokratisasi ilmu pengetahuan dan membuat pendidikan adil. Siswa tidak boleh dipandang sebagai wadah kosong, melainkan sebagai partisipan dalam penciptaan dan konstruksi pengetahuan. Kita telah mengetahui selama lebih dari seratus tahun bahwa tindakan membuat mempunyai janji yang sangat besar dalam pendidikan dan kita berada di era yang memberikan peluang untuk mewujudkan janji tersebut. Peneliti mendukung penelitian tambahan untuk menyelidiki dampak kreasi yang didorong oleh siswa di titik persimpangan pendidikan biologi dan teknik atau ilmu komputer menggunakan desain penelitian metode campuran yang memperhitungkan kepuasan siswa dan pemahaman konseptual tentang isi pembelajaran.

Peneliti juga sangat menyarankan agar para peneliti pendidikan dan pakar konten di bidang ilmu biologi dan ilmu hayati membentuk kemitraan, belajar satu sama lain, dan berupaya mencapai tujuan mengembangkan dan menilai kurikulum dengan tepat yang melibatkan siswa dan pendidik sebagai pencipta. Melalui studi yang lebih kuat dan sistematis, kita dapat mengembangkan basis bukti yang diperlukan untuk mendukung perubahan luas dalam praktik pengembangan profesional pendidik dan keputusan kebijakan secara keseluruhan tentang nilai keterlibatan siswa dalam proyek antardisiplin yang memungkinkan konstruksi aktif menggunakan pemotongan- teknologi tepi.

Acknowledgment

-

Daftar Pustaka

- Amaida, R., Noorhidayati, N., & Azijah, A. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik 3D Pageflip Berbasis Problem Based Learning Pada Sub Konsep Pertumbuhan Dan Perkembangan Tumbuhan Di SMA. *JUPENJI: Jurnal Pendidikan Jompa Indonesia*, 1(2), 59-71. <https://doi.org/10.55784/jupenji.Vol1.Iss2.221>
- Creswell JW. 2009. Research design: qualitative and mixed methods approaches. London/Thousand Oaks (CA): Sage Publications.
- Fonna, N. (2019). Pengembangan revolusi industri 4.0 dalam berbagai bidang. Guepedia.
- Freire P. 1970. Pedagogy of the oppressed. New York (NY):Bloomsbury Publishing.
- Indriana, L., & Rohmadi, M. (2021). Pengembangan e-book 3D berbasis aplikasi 3D pageflip. *Jurnal Penelitian SAINS dan Pendidikan*, 1(1), 53-60.
- Khilma, N., Apriani, A. D., Ramadhan, S., & Mulyono, D. (2023). Korelasi Penggunaan Media Pembelajaran 3D Berbasis Augmented Reality Terhadap Tingkat Pemahaman Materi Biologi. *Lomba Karya Tulis Ilmiah*, 4(1), 173-189.
- Maknun, M. J. (2021). Pengembangan media pembelajaran teka-teki silang 3d pada materi sistem indra manusia untuk siswa kelas XI SMA sederajat. *EDUSCOPE: Jurnal Pendidikan, Pembelajaran, dan Teknologi*, 7(1), 1-6. <https://doi.org/10.32764/eduscope.v7i1.1728>
- Minarni, M., Malik, A., & Fuldijatman, F. (2019). Pengembangan bahan ajar dalam bentuk media komik dengan 3D page flip pada materi ikatan kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1). <https://doi.org/10.15294/jipk.v13i1.15984>
- Mulyono, S. (2021). Potensi 3D printing sebagai media edukasi dalam pendidikan keperawatan. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(5), 895-908. <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v1i5.1142>
- Nadha, R. F., Dharmono, D., & Riefani, M. K. (2022). Kajian Keanekaragaman Famili Papilionaceae di Kawasan Mangrove Sebagai Buku Saku berbasis 3D Pageflip. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 1(2), 1-11. <https://doi.org/10.55784/jupeis.Vol1.Iss2.31>

- National Science Board, National Science Foundation. 2020. Science and engineering indicators 2020: the State of U.S. science and engineering. NSB-2020-1. Alexandria (VA).
- Pangaribuan, O. C., & Irwansyah, I. (2019). Media cetak Indonesia di era revolusi industri 4.0. *Jurnal Pewarta Indonesia*, 1(2), 119-130. <https://dx.doi.org/10.25008/jpi.v1i2.11>
- Papert S. 1980. *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. New York (NY): Basic Books.
- Piaget J, 1980. The psychogenesis of knowledge and its epistemological significance. In: Piattelli-Palmarini M, editor. *Language and learning: the debate between Jean Piaget and Noam Chomsky*. Cambridge (MA): Harvard University Press.
- Rahmi, Y., Johari, A., & Sadikin, A. (2022). Pengembangan Multimedia Interaktif Menggunakan 3D Pageflip Professional pada Materi Penentuan Jenis Kelamin Serangga untuk Kelas XII SMA: Development of Interactive Multimedia Using 3D Pageflip Professional on Insect Gender Determination Materials for Class XII SMA. *BIODIK*, 8(1), 72-79. <https://doi.org/10.22437/bio.v8i1.16151>
- Sadikin, A., Johari, A., & Suryani, L. (2020). Pengembangan multimedia interaktif biologi berbasis website dalam menghadapi revolusi industri 4.0. *Edubiotik: Jurnal Pendidikan, Biologi Dan Terapan*, 5(01), 18-28. <https://doi.org/10.33503/ebio.v5i01.644>
- Sahertian, J., & Helilintar, R. (2017). Pengembangan aplikasi mobile augmented reality sebagai media pembelajaran biologi materi sel. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 3(1), 49-53. <https://doi.org/10.34128/jsi.v3i1.70>
- Sakinah, S., Fitri, R., & Arsih, F. A Pengembangan Booklet Digital Berbasis Gambar 3 Dimensi Pada Pembelajaran Biologi di SMA/MA: Literature Review. *Al-Ahya: Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(3), 126-140. <https://doi.org/10.24252/al-ahya.v5i3.34827>
- Saputra, I., Utama, S. D., & Mazwan, M. Perancangan Aktuator Pneumatik Lunak dengan Metode Fused Deposition Modelling (FDM) Menggunakan Mesin 3D Printer. *ROTASI*, 25(1), 1-8. <https://doi.org/10.14710/rotasi.25.1.%p>
- Setyanto, D. W., Sulistiyawati, P., & Rahmasari, E. A. (2018). Implementasi Nirmana pada Fotografi Portraiture 3D Anaglyph. *ANDHARUPA: Jurnal Desain Komunikasi Visual & Multimedia*, 4(02), 143-156. <https://doi.org/10.33633/andharupa.v4i02.1790>