

Kajian Tinjauan Literatur Sistematis Terhadap Pendedahan Pelajar Universiti kepada Percetakan 3D sebagai Persediaan ke Industri

A Systematic Literature Review Study on University Students' Exposure to 3D Printing as Preparation for Industry

Idham Aidil Akmal Sudin¹, Bahbibi Rahmatullah^{2*}, Muhammad Fadhil Wong Abdullah³, Khairul Fikri Tamrin⁴, Moh Khairudin⁵, Sitti Rachmawati Yahya⁶

^{1,2,3}Faculty of Art, Computing and Creative Industry, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Perak, Malaysia;

¹akmalaidil26@gmail.com, ²bahbibi@fskik.upsi.edu.my, ³fadhil.wong@fskik.upsi.edu.my,

⁴Faculty of Engineering, Universiti Malaysia Sarawak, Kota Samarahan, Sarawak, Malaysia; tkfikri@unimas.my

⁵Department of Electrical Engineering, Universitas Negeri Yoekakarta, Yoekakarta, Indonesia: moh_khairudin@unv.ac.id

⁶Department of Information Science, Universitas Siber Asia, Jakarta, Indonesia: sitti.yahya@lecturer.unsia.ac.id

⁶Faculty of Information and Communication Technology, Universitas Nasional, Jakarta, Indonesia;

* correspondence author

To cite this article (APA): Sudin, I. A. A., Rahmatullah, B., Abdullah, M. F. W., Tamrin, K. F., Khairudin, M., & Yahya, S. R. (2022). Kajian tinjauan literatur sistematis terhadap pendedahan pelajar universiti kepada percetakan 3D sebagai persediaan ke Industri. *Journal of ICT in Education*, 9(1), 48-60. <https://doi.org/10.37134/jictie.vol9.1.5.2022>

To link to this article: <https://doi.org/10.37134/jictie.vol9.1.5.2022>

Abstrak

Pendedahan dalam bidang percetakan tiga dimensi (3D) untuk pelajar universiti dan kolej adalah berkaitan dengan persediaan pelajar melangkah ke industri pekerjaan namun tidak diberi penumpuan yang sewajarnya. Oleh itu kajian berbentuk tinjauan literatur sistematis ini menyasarkan untuk mengenal pasti tema dalam kajian berkenaan pembelajaran percetakan 3D. Kajian ini telah melakukan pencarian berdasarkan kata kunci yang dipilih melalui pengkalan data Scopus. Hasil pemilihan akhir telah mendapati sebanyak 26 artikel selepas melalui fasa pemilihan dan pengecualian. Hasil analisis tematik dalam kajian ini menemui bidang kejuruteraan, reka bentuk dan seni menjadi tumpuan di dalam artikel yang dipilih. Implikasi kajian adalah penambahbaikan dalam pembelajaran percetakan 3D di peringkat universiti agar pendedahan yang sewajarnya diberikan kepada pelajar sebelum mereka melangkah ke alam pekerjaan dalam dunia industri.

Kata Kunci: percetakan 3D, universiti, pendidikan, pembelajaran, industri

Abstract

Exposure to the field of three-dimensional (3D) printing for university and college students is highly relevant to the preparation of students to enter the working industry. This systematic literature review aims to identify the many learning themes in the research on 3D printing learning. This research began

with conducting searches based on selected keywords through the Scopus database. The final selection results recorded a total of 26 articles after the selection and exclusion phase. The results of the thematic analysis in this study found the field of engineering, design, and art to be the focus of the selected articles. The implication of the study is an improvement in the learning of 3D printing at the university level so that appropriate exposure is given to students before they step into the realm of employment in the industry.

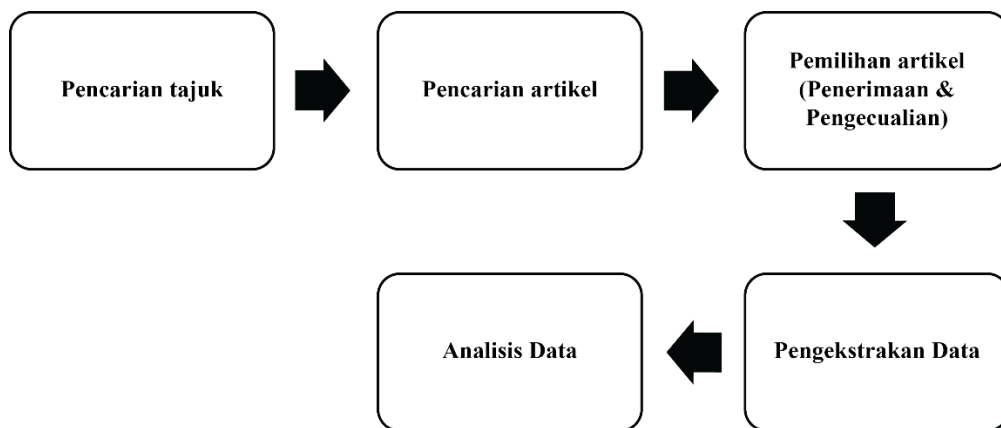
Keyword: 3D printing, university, education, learning, industry.

PENGENALAN

Perkembangan teknologi membawa impak kepada pelbagai bidang terutamanya dalam bidang pendidikan. Munculnya teknologi baru seperti pengkomputeran awan dan kepintaran buatan memberi kesan terhadap perubahan zaman dimana teknologi mengakibatkan kesan revolusi terhadap pelbagai bidang, terutamanya pendidikan (Hassan et al., 2014). Semestinya pendidikan percetakan 3D juga adalah tidak terkecuali daripada menerima impak dari perkembangan teknologi masa kini (Lu, 2021). Bagi penulis utama, percetakan 3D diperkenalkan oleh pensyarah universiti sebagai idea untuk projek tahun akhir yang melibatkan produk animasi 3D. Antara bentuk pendedahan awal yang diperhatikan adalah melaraskan saiz model 3D di dalam perisian yang berkaitan apabila menemui kesilapan teknikal pada bahagian tertentu, pengambilan masa untuk cetakan dalam bentuk 3D, pantang larang dalam bidang ini dan sebagainya. Pembelajaran percetakan 3D mengaplikasikan teori konstruktivisme apabila pelajar melibatkan diri dengan alat dan bahan yang betul, seterusnya memanipulasi alat dan bahan tersebut ke arah penghasilan produk (Sinha et al., 2020). Keberhasilan pembelajaran yang berkesan akan memastikan pelajar dapat mengaplikasikan bidang ini semasa dan selepas tempoh pengajian mereka di universiti dan seterusnya menginspirasi mereka untuk menubuhkan syarikat sendiri dalam bidang percetakan 3D. Megri & Hamoush (2020) menerangkan objektif mereka di dalam bidang percetakan 3D adalah mengajar pelajar tentang konsep dan rekabentuk prototyping dalam menghasilkan produk 3D melalui cetakan. Pengenalan kepada perisian 3D menjadi satu platform utama untuk pelajar universiti memahami konsep asas pemodelan 3D sahaja serta meneroka fungsi asas perisian 3D. Seterusnya, di peringkat percetakan 3D, pelajar akan diberi tunjuk ajar pengenalan mesin percetakan 3D untuk memulakan proses percetakan melalui hasil suntingan yang dilakukan di dalam perisian. Perlu diingatkan bahawa proses percetakan 3D ini datang dengan kelebihan dan cabaran tertentu kerana setiap proses percetakan harus dilakukan dengan betul dan tidak boleh diambil mudah. Oleh itu, kajian ini menyasarkan untuk mengenalpasti tema-tema dalam kajian berkenaan pendedahan pembelajaran percetakan 3D kepada pelajar-pelajar di institusi pengajian tinggi yang pernah dilakukan. Ini akan dapat memberikan gambaran yang jelas dan lebih menyeluruh mengenai kurikulum percetakan 3D yang dijalankan.

METODOLOGI PENGUMPULAN DATA

Kajian ini menggunakan tinjauan literatur sistematik dengan mencari dan menganalisis data yang berkaitan dengan pendedahan kepada pembelajaran percetakan 3D bagi pelajar di institusi pengajian tinggi. Lima langkah yang telah dilakukan dalam kajian ini boleh dirujuk pada Rajah 1. Dalam penulisan ini, kumpulan pengkaji menggunakan pengkalan data Scopus untuk memulakan pencarian artikel berdasarkan kata kunci yang sesuai sebelum melakukan pembacaan setiap artikel dengan lebih terperinci. Artikel-artikel yang dipilih adalah berkaitan pendedahan pelajar universiti kepada pembelajaran bidang percetakan 3D untuk transisi kepada dunia industri yang sebenar.



Rajah 1: Carta alir fasa penulisan tinjauan sistematik literatur

Pemilihan Tajuk

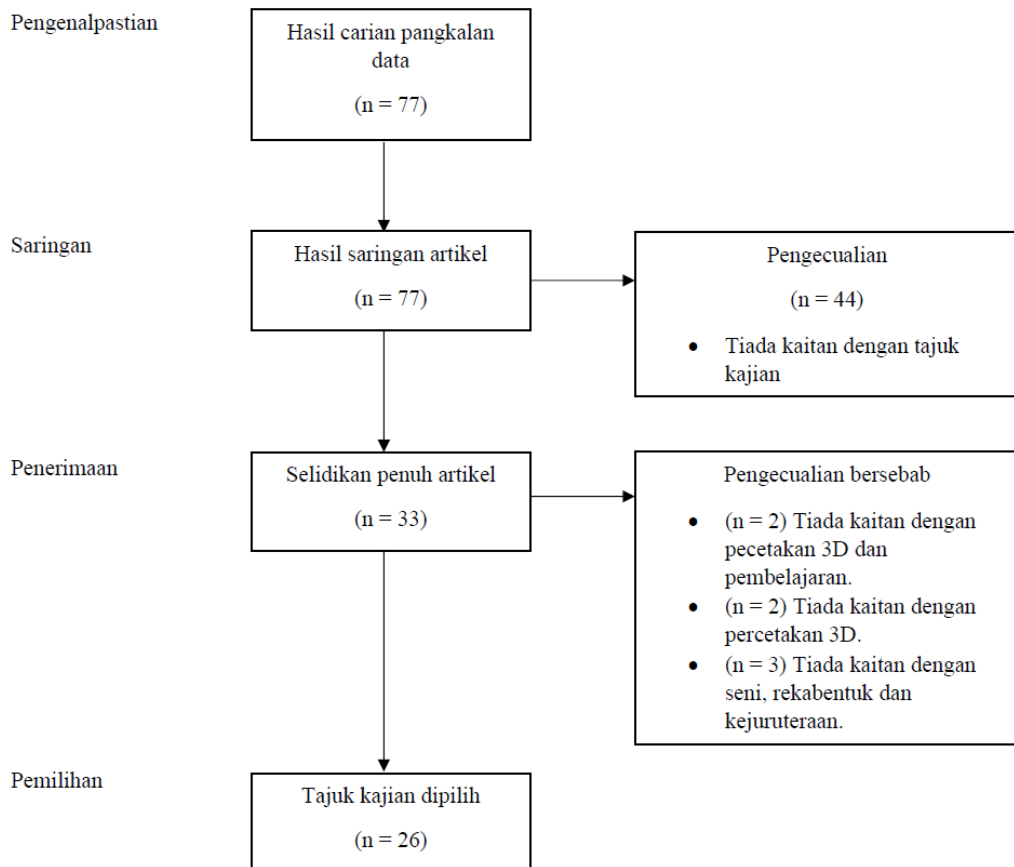
Pengkaji memilih tajuk yang memfokuskan kepada bidang pembelajaran percetakan 3D dan melakukan pengecualian artikel yang tidak berkaitan dengan tajuk. Pengkaji menggunakan carta berasaskan protokol untuk melaporkan kajian tinjauan sistematik dan meta-analisis (PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Hasani et al., 2020).

Pencarian Artikel

Untuk melakukan pencarian tajuk, strategi pencarian elektronik perlu dilakukan ke atas sekurang-kurangnya satu pengkalan data utama (Liberati et al., 2009). Pencarian dimulakan berdasarkan tajuk yang ingin difokuskan di dalam laman web enjin carian iaitu di pengkalan data Scopus. Kata kunci di pengkalan data Scopus yang digunakan dalam kajian ini adalah (*3d AND print**) AND (*university OR college*) AND (*learn**).

Pemilihan Artikel (Penerimaan & Pengecualian)

Hasani et al., (2020) menyatakan bahawa untuk mendapatkan artikel berkaitan dengan tajuk yang diperlukan, carian peringkat awal di Scopus adalah melalui pembacaan tajuk dan abstrak. Oleh itu, pengkaji memulakan proses pemilihan dan pengecualian artikel agar ianya berkaitan dengan tajuk kajian tinjauan literatur sistemik melalui pembacaan tajuk dan abstrak di dalam setiap artikel. Setelah melakukan proses tersebut, sebanyak 44 artikel yang telah dikecualikan daripada 77 artikel keseluruhan kerana kandungannya tidak berkaitan dengan objektif kajian ini. 33 artikel yang didapati mempunyai kaitan dengan tajuk dibawa ke proses penelitian yang lebih mendalam. Hasil selidikan penuh setiap artikel mendapati 7 artikel yang tidak berkaitan dengan kajian carian dan hasil akhir yang diperoleh untuk melakukan proses pengekstrakan data adalah sebanyak 26 artikel. Semua ini dimuatkan ke dalam carta aliran PRISMA pada Rajah 2.



Rajah 2: Carta alir mengandungi pemilihan artikel melalui carta PRISMA

Pengekstrakan Data

Setelah melakukan proses di atas, pengkaji memulakan fasa pengekstrakan data setiap artikel yang berkaitan dengan tajuk untuk membina jadual yang mengandungi sub-tajuk dan maklumat yang diambil daripada 26 artikel untuk dimasukkan ke dalam jadual pengekstrakan data.

DAPATAN DAN ANALISIS

26 artikel terpilih berdasarkan hasil selidikan penuh artikel di dalam bahagian pemilihan. Fasa pengekstrakan data dari artikel-artikel tersebut bagi mendapatkan maklumat terperinci tentang kandungan artikel telah dimasukkan ke dalam jadual pengekstrakan data. Jadual 1 memberikan rumusan tentang maklumat mengenai setiap artikel iaitu lokasi kajian dibuat, tema yang disentuh dalam artikel serta kaedah kajian yang digunakan.

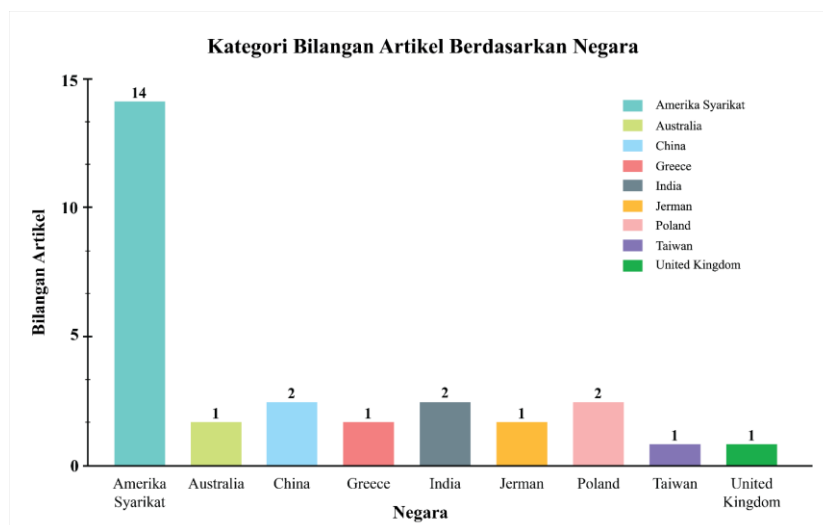
Jadual 1: Rumusan artikel yang dipilih berdasarkan carian di pengkalan data Scopus

Artikel	Negara	Tema	Pendekatan Kajian
(Lu, 2021)	China	Pembelajaran Percetakan 3D	Kualitatif
(Vora, Rowland, et al., 2020)	Amerika Syarikat	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kuantitatif
(Vora, Alexander, et al., 2020)	Amerika Syarikat	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kuantitatif
(Megri & Hamoush, 2020a)	Amerika Syarikat	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kaedah campuran
(Megri & Hamoush, 2020b)	Amerika Syarikat	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kaedah campuran
(Bailey & Friebele, 2020)	Amerika Syarikat	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kualitatif
(Sinha et al., 2020)	Amerika Syarikat	Pembelajaran Percetakan 3D	Kaedah campuran
(Wu & Liao, 2020)	China	Pembelajaran Percetakan 3D	Kaedah campuran
(Wilk et al., 2020)	Poland	Pembelajaran Percetakan 3D	Kualitatif
(Chikkamath et al., 2020)	India	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kualitatif
(Bossart et al., 2019)	Amerika Syarikat	Pembelajaran Percetakan 3D	Kuantitatif
(Chituc & Rittberger, 2019)	Jerman	Pembelajaran Percetakan 3D	Kualitatif
(Wang et al., 2019)	Amerika Syarikat	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kuantitatif
(Alabi et al., 2019)	Afrika Selatan	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kualitatif
(Pandian, 2019)	India.	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kaedah campuran

(Stover et al., 2019)	Australia	Percetakan 3D: Reka Bentuk/Seni	Kaedah campuran
(Ford & Minshall, 2019)	United Kingdom	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kaedah campuran
(Chien & Chu, 2018)	Taiwan	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kuantitatif
(Maloney et al., 2018)	Amerika Syarikat.	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kualitatif
(Imeri et al., 2017)	Amerika Syarikat	Percetakan 3D: Reka Bentuk/Seni	Kaedah campuran
(Mylon, 2017)	Greece	Pembelajaran Percetakan 3D	Kaedah campuran
(Dombrowski et al., 2017)	Amerika Syarikat	Percetakan 3D: Permainan	Kualitatif
(Pitcher et al., 2016)	Amerika Syarikat	Pembelajaran Percetakan 3D	Kualitatif
(Porter, 2016)	Amerika Syarikat.	Pembelajaran Percetakan 3D	Kualitatif
(Torres et al., 2011)	Poland	Pembelajaran Percetakan 3D	Kualitatif
(Bill Tseng et al., 2011)	Amerika Syarikat	Percetakan 3D: Kejuruteraan	Kualitatif

Bilangan Artikel Berdasarkan Negara

Rajah 3 di bawah menunjukkan bilangan artikel berdasarkan lokasi kajian (negara). Terdapat 9 buah negara yang terlibat iaitu Amerika Syarikat, Australia, China, Greece, India, Jerman, Poland, Taiwan dan United Kingdom.

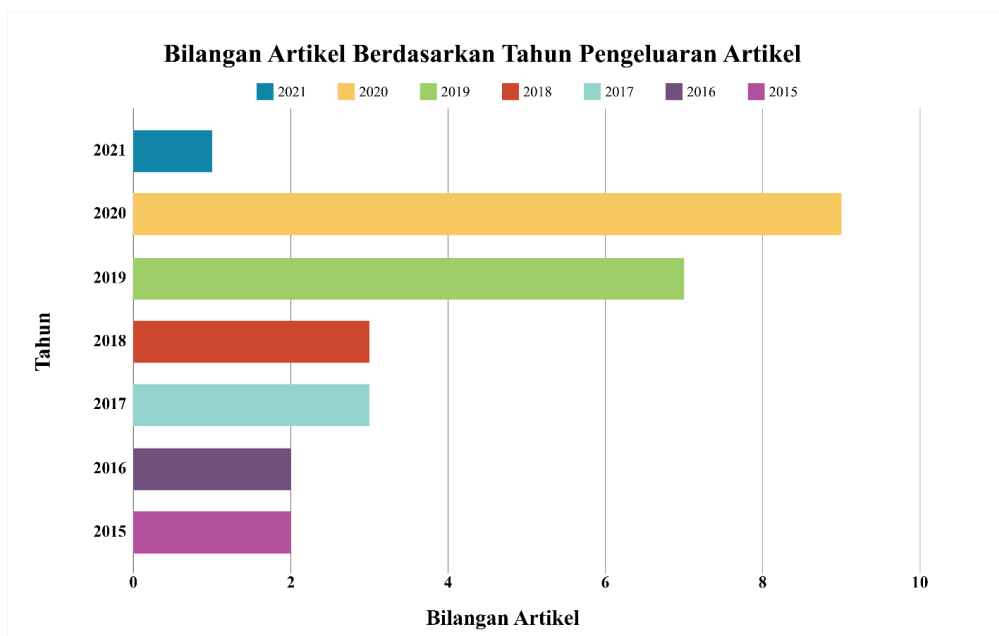


Rajah 3: Senarai bilangan artikel yang dipilih berdasarkan negara

Kajian banyak berpusat di Amerika Syarikat iaitu dengan jumlah 14 buah artikel yang dihasilkan di negara tersebut. Pengkaji dari China, India dan Poland pula menghasilkan 2 artikel bagi setiap negara. Negara-negara lain seperti Australia, Greece, Jerman, Taiwan dan United Kingdom menjadi lokasi kajian yang menghasilkan 1 artikel di setiap negara tersebut.

Bilangan Artikel Berdasarkan Tahun Penerbitan

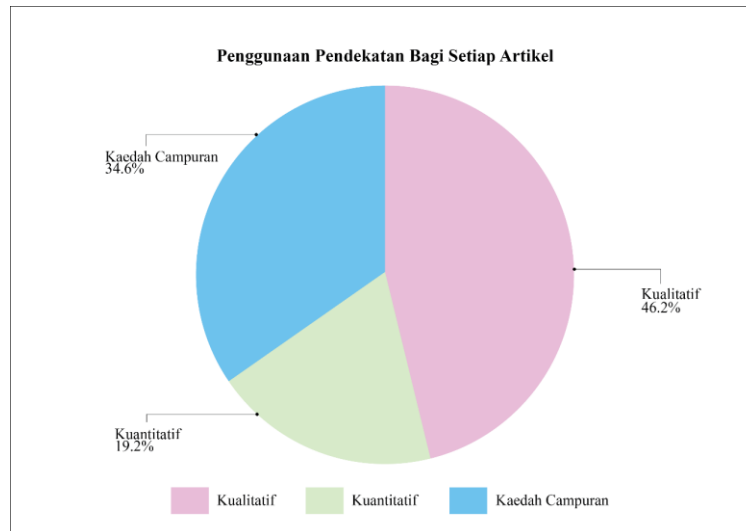
Rajah 4 menunjukkan tahun penerbitan artikel bagi melihat trend penerbitan dalam bidang ini. Ia memberi gambaran tentang bilangan artikel yang diterbitkan pada tahun yang telah dinyatakan, bermula dengan tahun yang terbaru iaitu 2021 (1 artikel), 2020 (9 artikel), 2019 (7 artikel), 2018 (2 artikel), 2017 (3 artikel), 2016 (2 artikel) dan 2011 (2 artikel). Tahun penerbitan artikel yang ditetapkan di Scopus adalah bagi jangka masa 10 tahun yang lepas iaitu dari tahun 2012 sehingga 2021. Walau bagaimanapun, tidak ada sebarang artikel yang terpilih yang diterbitkan pada tahun 2012, 2013, 2014 dan 2015.



Rajah 4: Bilangan artikel berdasarkan tahun penerbitan

Bilangan Artikel Berdasarkan Pendekatan Kajian

Rajah 5 menunjukkan senarai pendekatan kajian yang digunakan oleh setiap artikel yang dipilih. Pendekatan yang disenaraikan seperti di dalam Jadual 1 iaitu kualitatif, kuantitatif dan kaedah campuran (kualitatif + kuantitatif).



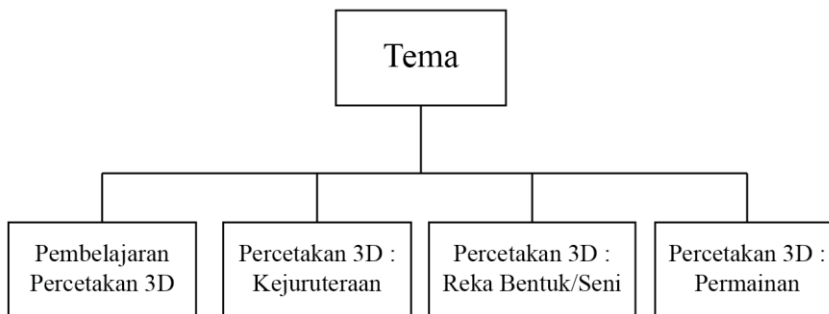
Rajah 5: Pendekatan kajian yang digunakan dalam artikel yang dipilih

Rajah 5 memaparkan carta pai tentang pendekatan yang digunakan bagi setiap artikel iaitu Kualitatif, Kuantitatif dan Kaedah Campuran (Kualitatif + Kuantitatif). Majoriti kajian adalah bersifat kualitatif (46.2% dari keseluruhan artikel) melalui 12 artikel. Manakala pendekatan Kaedah Campuran yang digunakan dalam 9 artikel adalah kedua paling popular iaitu 34.6% dari keseluruhan artikel yang dipilih. Pendekatan Kuantitatif adalah yang paling rendah iaitu sebanyak 19.2% bersamaan 5 artikel.

PERBINCANGAN

Rajah 6 menyenaraikan tema yang dicungkil berdasarkan pembacaan terperinci dan analisis secara tematik iaitu:

1. Pembelajaran Percetakan 3D
2. Percetakan 3D: Kejuruteraan
3. Percetakan 3D: Reka Bentuk/Seni
4. Percetakan 3D: Permainan



Rajah 6: Senarai tema yang ditemui berdasarkan analisis tematik

Pembelajaran Percetakan 3D

Kajian menunjukkan pembelajaran awal dalam bidang ini adalah bertujuan untuk memberi pendedahan kepada pelajar universiti dan kolej sebagai usaha memantapkan ilmu percetakan 3D. Penguasaan dalam perisian bidang percetakan 3D bermula dari tahap pemula (beginner) hingga tahap pakar. Beberapa penyelesaian teknologi telah wujud pada zaman ini untuk menyokong ilmu pengetahuan dan kemahiran baru sebagai contohnya platform e-pembelajaran, aplikasi dan realiti terimbuh (Chituc & Rittberger, 2019). Model pembangunan pemikiran inovatif dengan tujuan untuk menilai kesan latihan keupayaan dengan perspektif baru dapat disediakan untuk pendidikan berkaitan pembuatan percetakan (Lu, 2021). Wu & Liao (2020) membicarakan pada sudut perspektif lainnya iaitu dengan melakukan pengiraan korelasi dalam penilaian skor pada model 3D, yang melibatkan corak pembelajaran dan ciri-ciri model. Kajian mereka juga cuba untuk mengenalpasti faktor yang memberi kesan kepada prestasi dan pengalaman pelajar melalui temuramah secara bersemuka dengan pelajar.

Percetakan 3D adalah sangat efektif untuk menarik minat peserta yang datang dari pelbagai latar belakang dan tahap pengalaman yang berbeza dan memberi impak positif terhadap bidang tersebut (Sinha et al., 2020). Model 3D yang disediakan untuk pelajar-pelajar di kelas dibenarkan untuk dibawa pulang ke rumah beserta fail-fail yang digunakan untuk percetakan 3D model melalui perisian percetakan 3D (Wilk et al., 2020). Pelajar-pelajar digalakkan untuk menyumbang, belajar dan berkongsi tentang pembelajaran percetakan 3D bagi menambah baik lagi penghasilan projek percetakan (Pitcher et al., 2016). Porter (2016) mencadangkan supaya latihan disediakan kepada pelajar di dalam pelbagai bidang seperti kejuruteraan, sains, teknologi dan sebagainya sebagai usaha untuk mengembangkan pendidikan percetakan 3D. Pembelajaran dalam bidang perubatan juga kini telah diperkayakan dengan teknologi ciptaan 3D melalui mesin pencetak 3D (Torres et al., 2011).

Percetakan 3D: Kejuruteraan

Sejajar dengan perubahan teknologi pembuatan dan kejuruteraan, Chikkamath et al., (2020) menyarankan agar pelajar dilatih di dalam proses pembuatan yang melibatkan teknologi percetakan

3D. Percetakan 3D dalam kejuruteraan yang memberi penumpuan kepada pembangunan model pendidikan kreatif juga dapat digunakan untuk mempromosi pembelajaran dalam bidang kejuruteraan (Bill Tseng et al., 2011). Proses penghasilan objek dari lapisan demi lapisan model digital tiga dimensi dalam bidang kejuruteraan memerlukan pengetahuan dan kemahiran dalam perisian percetakan 3D (Alabi et al., 2019). Bahan pemodelan 3D yang telah direka bentuk juga boleh disimpan di dalam perisian dari komputer (Maloney et al., 2018).

Dalam bidang kejuruteraan mekanikal, latihan penghasilan produk secara profesional membolehkan pengendali membuat rekaan kejuruteraan yang kompleks di dalam bidang percetakan 3D (Wang et al., 2019). Mesin percetakan 3D juga digunakan dengan efektif untuk penghasilan robotik di dalam bidang kejuruteraan (Pandian, 2019). Ini juga melibatkan pengadaptasian Pembuatan Aditif (*Additive Manufacturing*) yang berkembang pesat dalam dunia industri untuk kesinambungan kualiti teknologi percetakan 3D (Ford & Minshall, 2019). Kunci komponen utama di dalam pendekatan Bailey & Friebele (2020) pula adalah dengan memberi keutamaan pada Reka Bentuk Berbantuan Komputer (*Computer-Aided-Design*).

Kajian Vora, Alexander, et al., (2020) dalam pembelajaran percetakan 3D adalah bertujuan untuk memberi peluang kepada pelajar mempelajari konsep asas kejuruteraan mekanikal dan meningkatkan kemampuan pelajar dalam teknologi percetakan 3D. Pelajar dibekalkan dengan pengalaman secara langsung yang melibatkan rekabentuk dan kebebasan dalam merancang serta penghasilan idea. Kemudahan makmal percetakan 3D memberi ruang kepada pelajar untuk mempelajari percetakan 3D dengan lebih mendalam dalam bidang kejuruteraan (Vora, Rowland, et al., 2020).

Penyelidikan Megri & Hamoush (2020a) menggunakan pendekatan kaedah campuran iaitu kuantitatif dan kualitatif serta sumber data untuk menentukan kesan pembelajaran bengkel berkaitan kejuruteraan terhadap peserta. Setiap kumpulan peserta diberi masa untuk melakukan pembentangan rekabentuk disertai dengan perbincangan di mana peserta membincangkan alat dan ciri-ciri rekaan cetakan (Megri & Hamoush, 2020b). Chien & Chu (2018) menyarankan pembangunan kurikulum yang melibatkan pembuatan dan penggunaan peralatan digital melalui pencetak 3D dalam bidang STEAM (sains, teknologi, kejuruteraan, seni dan matematik).

Percetakan 3D: Reka Bentuk/Seni

Cetakan tiga dimensi dilakukan melalui pen 3D dan mesin percetakan yang menggunakan filamen jenis Asid Poli Laktik (PLA) atau Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS). Fungsinya seperti menggunakan pistol gam yang panas. Ciri-ciri yang ada pada pen 3D itu adalah sangat sesuai bagi “meluahkan” segala imaginasi yang berada di fikiran agar bertukar menjadi objek nyata dalam masa yang singkat (Imeri et al., 2017). Firma-firma industri juga boleh membantu pelajar-pelajar mempelajari kemahiran baru melalui produksi multimedia dan pembentangan hasil kerja seni melalui percetakan 3D (Stover et al., 2019).

Percetakan 3D: Permainan

Dombrowski et al., (2017) mendapati bahawa kaitan antara bidang percetakan 3D dan bidang permainan adalah sangat ketara dan menonjol. Percetakan 3D adalah satu medium yang penting dalam mempromosikan pelbagai jenis permainan yang dimainkan di dalam komputer atau alat permainan video konsol secara khususnya Playstation dan XBox. Percetakan 3D adalah satu kaedah penting untuk penghasilan produk sokongan kepada genre permainan tersebut.

ISU DAN CABARAN

Menurut Wu & Liao (2020), kajian yang mereka lakukan adalah tidak berpandukan sebarang model corak pembelajaran. Menerusi tinjauan yang dilakukan oleh Wilk et al. (2020) mendapati sebahagian responden tidak memahami sepenuhnya tentang had dan kekangan dalam teknologi percetakan 3D. Beberapa cabaran yang dihadapi perlu ditangani ke arah kejayaan pembelajaran seperti bekalan kuasa terhad, kapasiti CPU terhad dan memori peranti, daya pemprosesan (Chituc & Rittberger, 2019). Dombrowski et al. (2017) pula mendapati kajian dalam pembelajaran percetakan 3D amat memerlukan maklum balas yang pantas dan langsung serta penilaian dalam ketepatan pergerakan.

PENAMBAHBAIKAN YANG DISARANKAN

Bahagian ini membincangkan tentang penambahbaikan yang disarankan oleh para pengkaji di dalam artikel yang terpilih. Bailey & Friebele (2020) menyarankan agar penilaian tentang keberkesanan pembelajaran percetakan 3D terhadap pelajar dari segi tahap kendalian pembelajaran wajar dilakukan dalam kajian akan datang. Pembelajaran percetakan 3D juga perlu dianjurkan dengan tujuan untuk memperkenalkan pelajar kepada pengendalian pencetak 3D serta kendalian melalui perisian (Vora, Alexander, et al., 2020). Vora, Rowland, et al., (2020) berpendapat agar kajian untuk memperoleh penilaian prestasi pelajar perlu terus dilakukan agar pelajar dapat meningkatkan kemahiran mereka dalam percetakan 3D. Megri & Hamoush (2020a) mengimpikan agar pembelajaran percetakan 3D sebaiknya bermula dengan pendedahan asas di tahap sekolah rendah untuk memberi inspirasi. Kemudian ianya ditingkatkan semasa di sekolah menengah dan universiti, bermula dari proses rekabentuk, alatan rekabentuk dan percetakan 3D agar pelajar dapat dibekalkan dengan kemahiran dan ilmu pengetahuan yang sesuai serta memberi prospek kerjaya yang lebih cerah dalam industri pada masa akan datang.

Megri & Hamoush (2020b) juga menyarankan agar kajian akan datang menumpukan kepada mengatasi kelemahan dalam pembelajaran sedia ada bagi meningkatkan lagi prestasi pelajar dalam memajukan teknologi percetakan 3D. Oleh itu, pembangunan metodologi untuk menganalisis implikasi tentang kebolehooperasian dalam persekitaran pembelajaran masa hadapan, dan kesannya terhadap pendidikan, yang relevan untuk pelajar, pendidik, institusi pendidikan, pembuat keputusan dan pengamal adalah wajar diberi perhatian (Chituc & Rittberger, 2019).

KESIMPULAN

Kajian yang dilakukan ini menggunakan pengkalan data Scopus sebagai medium utama untuk mencari artikel yang berkaitan dengan tajuk. Perluasan kepada sumber lain seperti ScienceDirect dan laman web Google Scholar juga boleh digunakan di masa hadapan untuk mencari artikel dengan lebih terperinci tentang pembelajaran bidang percetakan 3D. Hasil rumusan kajian menunjukkan pendidikan dan pembelajaran bidang percetakan 3D adalah semakin meluas dan merangkumi pelbagai bidang seperti bidang permainan, kejuruteraan, reka bentuk dan seni. Dari segi pertumbuhan dan pembangunan kerjaya di masa hadapan, tidak dapat dinafikan bahawa pekerjaan sebagai pereka, jurutera dan artis seni masa depan semakin memerlukan kemahiran dan kecekapan dalam bidang percetakan 3D. Pembelajaran bidang percetakan 3D dan pendedahan kepada bidang ini akan dapat membuka peluang kerjaya yang lebih luas kepada pelajar-pelajar universiti dan kolej dalam industri teknologi yang semakin pesat terutamanya di dalam bidang permainan, kejuruteraan, reka bentuk dan seni.

RUJUKAN

- Alabi, M. O., De Beer, D., & Wichers, H. (2019). Applications of additive manufacturing at selected South African universities: promoting additive manufacturing education. *Rapid Prototyping Journal*, 25(4), 752-764. <https://doi.org/10.1108/RPJ-08-2018-0216>.
- Antonaci, A., Klemke, R., & Specht, M. (2019). The effects of gamification in online learning environments: A systematic literature review. *Informatics*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/informatics6030032>.
- Bailey, R. T., & Friebele, B. (2020). 3D design in art and engineering: An interdisciplinary experiment. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2020-June.
- Bill Tseng, T.-L., Pan, R., Zheng, J., Gonzalez, M. V., Awalt, C. J., & Medina, F. (2011). Digital additive manufacturing for engineering education: A virtual Rapid Prototyping simulator approach. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- Bossart, J. L., Gonzalez, S. R., & Bharti, N. (2019). Retrospective analysis of a sustainable 3D printing service in an academic library. *Library Hi Tech*, 37(4), 669-678. <https://doi.org/10.1108/LHT-12-2018-0196>.
- Chien, Y.-H., & Chu, P.-Y. (2018). The Different Learning Outcomes of High School and College Students on a 3D-Printing STEAM Engineering Design Curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1047-1064. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9832-4>.
- Chikkamath, S., Shet, R., Praveen, P., Nalini, C. I., & Kotturshettar, B. B. (2020). Effective utilization of maker space for facilitating product realization course. *Journal of Engineering Education Transformations*, 33(3), 37-42. <https://doi.org/10.16920/jeet/2020/v33i3/144019>.
- Chituc, C.-M., & Rittberger, M. (2019). Understanding the Importance of Interoperability Standards in the Classroom of the Future. *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, 2019-October, 6801-6806. <https://doi.org/10.1109/IECON.2019.8927631>.
- Dombrowski, M., Smith, P., & Buysens, R. (2017). Designing alternative interactive techniques to aid in prosthetic rehabilitation for children. *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 483). https://doi.org/10.1007/978-3-319-41661-8_63.
- Ford, S., & Minshall, T. (2019). Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131-150. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>.
- Hasani, H., Mardi, S., Shakerian, S., Taherzadeh-Ghahfarokhi, N., & Mardi, P. (2020). The Novel Coronavirus Disease (COVID-19): A PRISMA Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical and Paraclinical Characteristics. *BioMed Research International* (Vol. 2020). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2020/3149020>.

- Hassan, H., Rahmatullah, B., & Mohamad Nordin, N. (2014). Towards School Management System (SMS) success in teacher's perception. *MOJET-Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 2(4), 50-60.
- Imeri, A., Russell, N., Rust, J. R., Sahin, S., Fidan, I., & Jack, H. (2017). 3D pen utilization in 3D printing practices. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2017-June.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine* (Vol. 6, Issue 7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>.
- Lu, Y. (2021). Scratch Teaching Mode of a Course for College Students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(5), 186–200. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i05.21269>.
- Maloney, P. A., Li, B., Zhang, M., & Cong, W. (2018). Creating and assessing an upper division additive manufacturing course and laboratory to enhance undergraduate research and innovation. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2018-June.
- Megri, A. C., & Hamoush, S. (2020). Teaching high-school students innovative topics related to advanced manufacturing and 3D printing. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2020-June.
- Megri, A. C., & Hamoush, S. (2020). Managing an outreach consortium for developing a pipeline of a skilled workforce through advanced manufacturing. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2020-June.
- Mylon, P. T. (2017). Teaching the art of communication through drawing. *Proceedings of the 45th SEFI Annual Conference 2017 - Education Excellence for Sustainability*, SEFI 2017, 364–371.
- Pandian, S. R. (2019). Playful STEAM Learning Using Robots. *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering*, TALE 2018, 279–285. <https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615299>.
- Pitcher, M. T., Espinoza, P. A., Nevarez, H. E. L., Gomez, H., Anaya, R. H., Hemmitt, H., Perez, O. A., Golding, P., Pruneda, A., Soto, S., Lopez, E., & Paquian, G. (2016). MAKER: Come to the dark side - We have cookies: Creating an interactive display to engage everyone in STEAM. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2016-June.
- Porter, L. A. (2016). Active Learning and Student Engagement via 3D Printing and Design: Integrating Undergraduate Research, Service Learning, and Cross-Disciplinary Collaborations. *MRS Advances*, 1(56), 3703–3708. <https://doi.org/10.1557/adv.2016.82>
- Sidek, S. F., Soh Said, C., Hayati, M., & Yatim, M. (n.d.). Characterizing Computational Thinking for the Learning of Tertiary Educational Programs. *Journal of ICT in Education* (Vol. 7).
- Sinha, S., Rieger, K., Knochel, A. D., & Meisel, N. A. (2020). The Impact of a Mobile 3D Printing and Making Platform on Student Awareness and Engagement. *International Journal of Engineering Education*, 36(4), 1411–1427.
- Stover, M., Jefferson, C., & Santos, I. (2019). Innovation and creativity: A new facet of the traditional mission for university libraries. *Advances in Library Administration and Organization* (Vol. 40). <https://doi.org/10.1108/S0732-067120190000040006>.
- Torres, K., Staškiewicz, G., Śnieżyński, M., Drop, A., Maciejewski, R. (2011). Application of rapid prototyping techniques for modeling of anatomical structures in medical training and education. *Folia Morphologica*, 70(1), 1-4.
- Vora, H. D., Alexander, A., Park, I., Yang, C., Sahoo, A., & Chang, Y. B. (2020). Roll-the-roller 3d printing design contest: The experience-based summer bridge program to improve the success of incoming engineering freshmen students. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2020-June.
- Vora, H. D., Rowland, B., Conner, J., Norton, B. K., Hu, Q., & Ivey, T. (2020). Oklahoma state university's endeavor: Transformation of undergraduate engineering education through the experience-based learning. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2020-June.
- Wang, J., Golly, N. C., Herren, B., Macdonald, J. I., Siddique, Z., & Liu, Y. (2019). Enhancing mechanical engineering education with an integrated 3-D printing approach. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*.
- Wilk, R., Likus, W., Hudecki, A., Syguła, M., Rózycka-Nechoritis, A., & Nechoritis, K. (2020). What would you like to print? Students' opinions on the use of 3D printing technology in medicine. *PLoS ONE*, 15(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230851>.
- Wu, Y.-C., & Liao, W.-H. (2020). Analysis of learning patterns and performance-a case study of 3-D modeling lessons in the K-12 classrooms. *IEEE Access*, 8, 186976–186992. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3029947>.