

Implikasi Pembelajaran Proses Reka Bentuk Kejuruteraan dalam Subjek Matematik Sekolah Rendah: Tinjauan Literatur

A Literature Review of the Implications of Learning Engineering Design Processes in Mathematics Subjects for Primary School

Masyithoh Md Zuber* & Mohd. Asyraf Mansor

School of Distance Education, Universiti Sains Malaysia,
11800 USM, Pulau Pinang, Malaysia

*Corresponding author: masyithohmz@gmail.com

Received: 07 May 2024; **Accepted:** 26 August 2024; **Published:** 28 August 2024

To cite this article (APA): Md Zuber, M., & Mansor, M. A. (2024). A Literature Review of the Implications of Learning Engineering Design Processes in Mathematics Subjects for Primary School. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 14(2), 36–48. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.2.4.2024>

To link to this article: <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.2.4.2024>

ABSTRAK

Proses berfikir adalah satu proses penting dalam menyelesaikan sesuatu masalah. Proses Reka Bentuk Kejuruteraan memberikan satu dimensi baru kepada proses berfikir. Proses ini sering kali digunakan dalam bidang kejuruteraan kerana membolehkan jurutera meneliti sesuatu permasalahan dan menyelesaikan masalah tersebut dengan sistematik dan berfokus. Kini, proses ini mula dikembangkan ke dalam bidang pendidikan. Kajian ini adalah satu tinjauan kesarjanaan terhadap implikasi proses ini kepada pembelajaran matematik di sekolah rendah. Menggunakan data dari enjin pencarian SCOPUS, ScienceDirect dan Web of Science, beberapa kajian empirikal telah melalui satu proses semakan menggunakan teknik PRISMA. Artikel-artikel dari tahun 2010 hingga tahun 2024 telah diteliti. Artikel ini menumpukan perbincangan terhadap cara pelaksanaan proses reka bentuk kejuruteraan dalam pembelajaran, penyepaduan topik matematik, murid sasaran dan implikasi terhadap murid. Artikel ini menawarkan perbincangan yang mendalam tentang implikasi pratikal dan cadangan untuk kajian masa depan dari pelbagai sudut pandangan.

Keywords: Proses Reka Bentuk Kejuruteraan, Instruksional Matematik, Kajian Literatur Sistematik, Pendidikan Matematik.

ABSTRACT

The process of thinking is a critical component of problem-solving. The Engineering Design Process introduces a fresh perspective to the cognitive process. Engineers frequently implement this methodology due to its capacity to analyse and resolve issues in a meticulous and focused manner. Currently, this process is expanding into the realm of education. This study is a scholarly examination of the implications of this process for the teaching of mathematics in primary institutions. Several empirical studies have been reviewed using the PRISMA technique, utilising data from the search engines SCOPUS, ScienceDirect, and Web of Science. Articles published between 2010 and 2024 were reviewed. This article concentrates on the discussion of the engineering design process in the context of learning, the incorporation of mathematics topics, the target students, and the implications for students. This article provides a comprehensive examination of the practical implications and recommendations for future research from a variety of perspectives.

Kata Kunci: Engineering Design Process, Mathematics Instructional, Systematic Literature Review, Mathematics Education

Pengenalan

Pemikiran kritis dan kreatif adalah hasil proses pemikiran seseorang individu. Bermula dengan pengenalan Kemahiran Berfikir dalam Pengajaran dan Pembelajaran pada tahun 2002 dan Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) pada Januari 2013, Kementerian Pelajaran Malaysia mula memperkasakan kemahiran berfikir dalam semua subjek sekolah rendah dan sekolah menengah (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2014; Pusat Perkembangan Kurikulum, 2002). Kemahiran berfikir ditakrifkan sebagai proses minda memahami dan mencari makna bagi sesuatu fenomena agar pertimbangan dan penyelesaian masalah dapat dilakukan (Pusat Perkembangan Kurikulum, 2002). Manakala kemahiran berfikir aras tinggi didefinisikan sebagai strategi berfikir seseorang individu mengaplikasikan pengetahuan, kemahiran dan menilai sesuatu perkara bagi menaakul dan membuat keputusan sehingga berupaya untuk berinovasi dan mencipta sesuatu yang baru (Putrajaya: Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2018). Matlamat utama kedua-dua inisiatif kementerian ini adalah untuk mengukuhkan kemahiran dan menggalakkan murid berfikir supaya dapat mengaplikasikan kemahiran tersebut dalam kehidupan seharian. Sehubungan dengan pelaksanaan tersebut pentaksiran di peringkat sekolah, nasional, mahupun antarabangsa mula disisipkan dengan soalan-soalan berbentuk KBAT. Guru-guru matematik dilihat cenderung menerapkan penggunaan soalan bukan rutin, menggunakan peta pemikiran, perbincangan berkumpulan, dan pembelajaran berasaskan projek sebagai salah satu bentuk pengaplikasian KBAT di dalam konteks pembelajaran matematik (Musa & Meor Samsudin, 2021). Bahkan, guru-guru matematik sekolah rendah dilihat mempunyai tahap kefahaman dan tahap penerapan konsep KBAT dalam pengajaran dan pembelajaran matematik yang tinggi (Aling & Maat, 2021).

Hasil penelitian terhadap skrip jawapan murid mendapati murid-murid yang mendapat skor tinggi dalam pentaksiran sukar mendapat markah penuh dalam soalan-soalan KBAT, manakala murid lemah gagal untuk memahami soalan KBAT matematik (Mamat & Abdul Wahab, 2022). Kelemahan memahami dan mentafsir soalan KBAT ini menunjukkan bahawa murid mempunyai kemahiran berfikir yang lemah (Varatharaju & Setambah, 2023). Ditambah pula dengan kelemahan dalam pengetahuan asas matematik murid turut menjadi cabaran utama yang dihadapi guru-guru dalam pengaplikasian KBAT di dalam bilik darjah (Wong & Rosli, 2020). Malah pentaksiran diperingkat antarabangsa juga menunjukkan pola yang senada. *Trend in International Mathematics and Science Study (TIMSS)* tahun 2019 menunjukkan purata skor penaaakulan dan purata skor keseluruhan murid Malaysia masing-masing adalah 462 dan 461 (Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan, 2020). Kedua-dua skor ini menunjukkan pencapaian murid Malaysia masih rendah sama ada dalam kemahiran asas matematik mahupun kemahiran menaakul. Walaupun pencapaian bagi domain kognitif matematik penaaakulan menunjukkan peningkatan dari tahun 2011, 2015 hinggalah 2019, namun peningkatan tersebut masih belum memuaskan. Bahkan secara puratanya, hanya 35 peratus sahaja murid yang berjaya menjawab soalan-soalan pada aras tinggi. Keadaan ini menunjukkan terdapat keperluan mendesak dalam meningkatkan penguasaan kemahiran asas matematik serta memperkasakan kemahiran menaakul murid sekolah rendah.

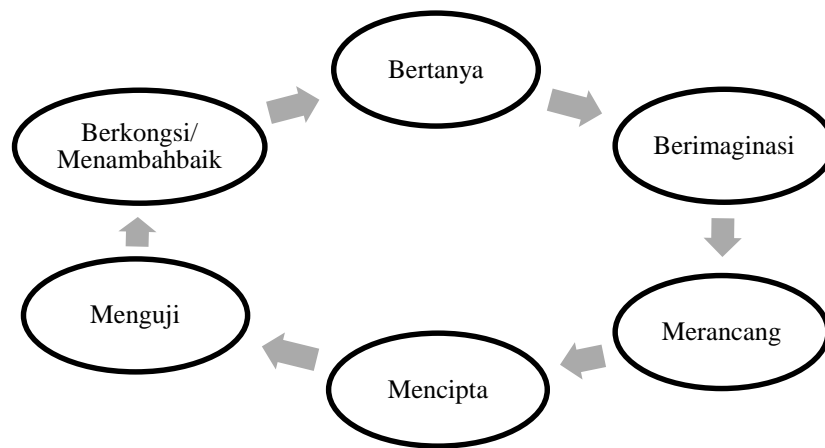
Dalam membentuk proses untuk berfikir, murid tidak akan mampu menyelesaikan sesuatu masalah hanya melalui intuisi. Malah, antara kesilapan murid dalam kemahiran proses adalah miskonsepsi konsep matematik dan tidak menghabiskan langkah pengiraan (Baul & Mahmud, 2021). Murid memerlukan bahan konkrit yang mampu meyakinkan mereka untuk mengekspresikan idea dan berupaya menyusun strategi yang digunakan (Kaitera & Harmoinen, 2022). Proses ini bukan sahaja membantu murid untuk lebih mendalami matematik, bahkan murid turut berupaya menyelesaikan sesuatu masalah dalam apa jua situasi. Malah guru-guru pakar matematik juga berpendapat bahawa murid perlu diberi ruang untuk bereksplorasi serta berpeluang membincangkan penyelesaian masalah matematik melalui pelbagai kaedah dan strategi (Mamat & Abdul Wahab, 2022). Jurteru, kajian ini akan membincangkan implikasi penggunaan proses reka bentuk kejuruteraan dalam membantu murid sekolah rendah menyelesaikan masalah matematik melalui proses-proses teknikal yang bersistematik.

KAJIAN LITERATUR

Proses Reka Bentuk Kejuruteraan

Proses Reka Bentuk Kejuruteraan (EDP) bukanlah suatu proses kerja yang baru. Proses ini telah lama diamalkan dalam bidang kejuruteraan bagi meneliti dan menyelesaikan isu dalam bidang kejuruteraan secara teratur. Kini, proses ini mula diakomodasi dalam bidang-bidang lain seperti pendidikan. Dalam bidang pendidikan, proses ini berupaya menjadi pengayaan terhadap strategi pengajaran dan pembelajaran sedia ada dalam bidang matematik dan sains, membina kemahiran abad ke-21, memupuk minat dan meningkatkan motivasi belajar murid terhadap bidang Sains, Teknologi, Matematik dan Sains (STEM) melalui pembelajaran bermakna (Ali & Tse, 2023). Ini kerana proses EDP menjadi sandaran dalam setiap gerak kerja pembelajaran yang menggunakan pendekatan STEM. Beberapa kajian terdahulu menunjukkan EDP boleh meningkatkan pengetahuan terhadap sesuatu konsep dan memperkukuh kemahiran menyelesaikan masalah murid (Winarno et al., 2020).

Terdapat enam langkah utama dalam EDP iaitu bertanya, berimajinasi, merancang, mencipta, menguji, dan akhir sekali berkongsi atau menambahbaik (Muñoz-Rujas et al., 2018). Rajah 1 menunjukkan model EDP.



Rajah 1 Proses Reka Bentuk Kejuruteraan (Muñoz-Rujas et al., 2018)

EDP dimulakan dengan langkah bertanya. Murid akan bertanya soalan-soalan berkaitan soalan tugas, tujuan tugas, sasaran tugas, dan kekangan dalam melaksanakan tugas. Langkah kedua, murid akan berimajinasi. Pada langkah berimajinasi, murid berbincang tentang idea-idea yang boleh dilakukan dan menyenaraikan sebarang solusi yang boleh dipertimbangkan. Kemudian, murid akan merancang. Langkah ini agak sukar untuk ditempuhi kerana murid perlu mempertimbangkan setiap idea dan merancang jalan penyelesaian yang terbaik untuk dilaksanakan. Langkah keempat ialah mencipta. Prototaip dibina pada tahap ini. Seterusnya, menguji. Setiap prototaip yang dibina akan diuji bagi mendapatkan maklumbalas. Hasil maklum balas ini akan digunakan di langkah terakhir iaitu berkongsi atau menambahbaik. Jika hasil prototaip berada pada tahap optimum, prototaip tersebut bersedia untuk dikongsi. Jika masih terdapat kelemahan dan isu yang timbul, prototaip tersebut akan ditambahbaik. Secara keseluruhannya, EDP ini membantu murid mengaplikasikan pengetahuan dan pengalaman dalam kehidupan seharian serta meningkatkan daya imaginasi murid (Siew, 2022).

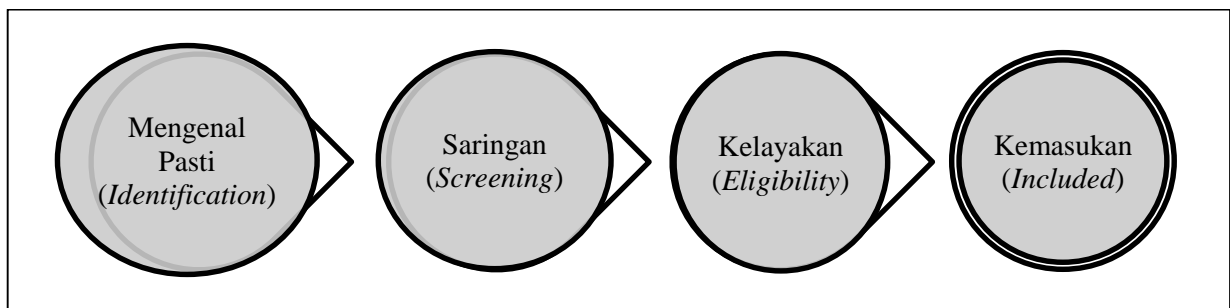
TUJUAN KAJIAN

Kajian ini dijalankan bagi mengkaji implikasi EDP dalam pembelajaran matematik di sekolah rendah. Perbincangan mendalam akan menumpukan strategi pelaksanaan EDP, topik yang sering diajarkan menggunakan model EDP, murid sasaran yang didedahkan kepada EDP, serta implikasi EDP terhadap perkembangan murid. Berikut adalah persoalan kajian;

- a) Bagaimanakah pelaksanaan EDP dalam pembelajaran matematik sekolah rendah?
- b) Apakah topik yang sering diintegrasikan dengan EDP?
- c) Siapakah yang sering didedahkan kepada EDP di sekolah rendah?
- d) Bagaimanakah implikasi EDP terhadap perkembangan murid sekolah rendah?

METODOLOGI KAJIAN

Sesebuah kajian yang baik disokong oleh sumber maklumat yang jelas serta disaring bagi memastikan kualiti dan keselarasan objektif kajian yang tinggi. Kajian ini mengguna sorotan literatur bersistematik sebagai teknik untuk mengumpul dan menganalisis kajian-kajian empirikal dari pelbagai artikel secara menyeluruh dan telus (Mohamed Shaffril et al., 2021; Mohmad et al., 2023). Kajian sebegini berupaya memberikan fokus yang tepat pada persoalan kajian, disertai bukti-bukti yang menyeluruh, pemilihan dapatan kajian yang bersandarkan kriteria yang jelas, penilaian yang ketat terhadap kebolehpercayaan, dan inferens yang telah dibuktikan (Cook & Haynes, 1997). Artikel dikumpulkan dan disemak secara sistematik dan maklumat yang diperolehi diproses secara meta-analisis. Terdapat 27 item yang perlu dipatuhi mengikut daripada senarai semak *Preferred Reporting Items for Systematics Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Moher et al., 2009)(Moher et al., 2009). PRISMA digunakan kerana berupaya untuk meneliti pengkalan data yang luas serta membolehkan carian yang tepat mengikut istilah yang digunakan dalam kajian. Rajah 2 menunjukkan prosedur PRISMA yang dilakukan.



Rajah 2 Prosedur PRISMA (Moher et al., 2009)

Proses Pemilihan Artikel

Mengenal pasti

Prosedur pertama dimulakan dengan mengenal pasti kata kunci. Bagi mengurangkan unsur berat sebelah dalam pencarian dan pemilihan artikel kajian, semakan rakan sebaya dilakukan diantara dua penilai bebas. Kesepakatan perlu dicapai di antara kedua-dua penilai bagi pemilihan artikel dan kata kunci yang sesuai dan relevan. Setelah kata kunci yang berkaitan telah disepakati, proses pencarian artikel dilakukan pada enjin pencarian data yang telah ditetapkan. Pencarian dilakukan mengikut teknik *Boolean Operator* dan *Truncation* pada rangkaian carian di tiga pangkalan data berikut iaitu *Scopus*, *Science Direct*, dan *Web of Science*. Jadual 1 menunjukkan rangkaian pencarian artikel yang digunakan.

Jadual 1 Rantaian Pencarian Pada Pengkalan Data

Rantaian Pencarian Pengkalan Data	
Scopus	TITLE-ABS-KEY(("engineering design process" AND "primary school" OR "elementary school"))
Science Direct	"engineering design process" AND ("elementary school" OR "primary school")
Web of Science	"engineering design process" AND ("elementary school" OR "primary school") (Topic)

Akhir sekali, semua artikel dikumpulkan. Sebanyak 82 artikel berjaya dikumpulkan oleh ketiga-tiga pengkalan data.

Saringan

Prosedur penyaringan dimulakan dengan mengeluarkan sebarang artikel yang bertindih di antara ketiga-tiga pengkalan data. Setelah itu, artikel disaring mengikut syarat pemilihan (*inclusion*) dan pengecualian (*exclusion*). Kriteria pemilihan artikel adalah seperti berikut: artikel telah diterbitkan didalam jurnal atau prosiding, artikel berfokuskan kajian empirikal, pengkaji mempunyai akses bagi mendapatkan artikel penuh dan artikel ditulis dalam bahasa Inggeris sahaja. Hasil saringan yang dilakukan, hanya 12 artikel yang melepasi prosedur saringan ini. Jadual 2 menunjukkan syarat penuh pemilihan dan pengecualian.

Jadual 2 Syarat Pemilihan dan Pengecualian

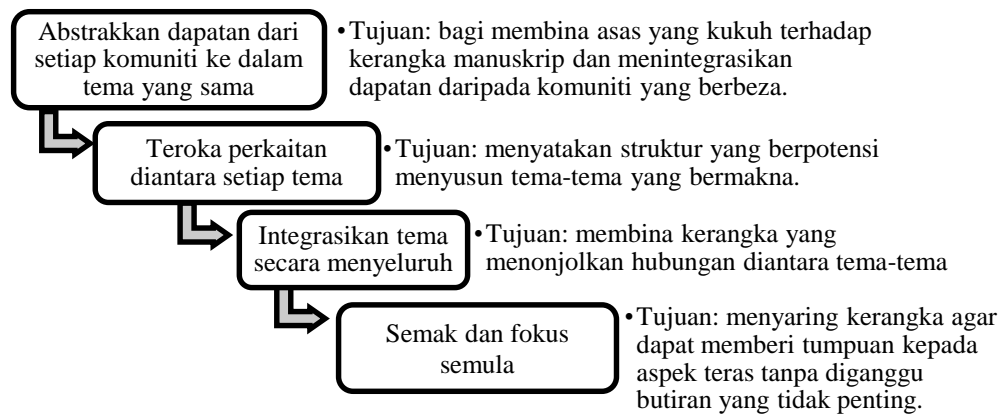
Kriteria	Pemilihan	Pengecualian
Jenis bahan	Artikel jurnal, artikel prosiding	Buku, tesis, disertasi
Tahun penerbitan	2010-2024	Sebelum tahun 2010
Pengkalan data	Scopus, Science Direct, Web of Science	Selain daripada pengkalan data yang dinyatakan
Subjek	Matematik sahaja	Selain matematik
Sampel kajian	Murid sekolah rendah sahaja	Murid prasekolah, sekolah menengah, institusi pengajian tinggi
Bahasa	Bahasa Inggeris	Selain bahasa Inggeris

Kelayakan

12 artikel yang telah disaring dinilai oleh penilai dari segi abstrak, kandungan dan dapatan kajian untuk disesuaikan dengan soalan kajian ini. Selepas proses penilaian ini hanya lima artikel sahaja yang diterima. Ini kerana hanya lima kajian ini sahaja yang membincangkan penggunaan strategi EDP dalam pengajaran dan pembelajaran matematik murid di sekolah rendah.

ANALISIS DATA

Tinjauan integratif digunakan bagi menganalisis dan mensintesis artikel-artikel yang telah dipilih. Ini kerana tinjauan integratif menilai, mengulas secara naratif, menyimpulkan secara meta-analisis, dan menentukan implikasi kajian secara mendalam dan seimbang terhadap sesuatu topik perbincangan (Cronin & George, 2023). Tinjauan integratif ini menggabungkan sorotan kajian bersistematik dan tinjauan naratif dan bersifat saling melengkapi. Ini kerana prinsip saintifik yang ketat dalam sorotan kajian bersistematik menyebabkan perspektif sesebuah kajian sukar diteliti secara menyeluruh (Collins & Fauser, 2005). Tinjauan naratif membantu kelemahan ini dengan mengkaji sesuatu isu dengan lebih mendalam mengikut konteks kajian. Oleh itu penajajaran tentang penemuan amalan di dalam kajian dapat dilakukan dengan membangun tema yang lebih luas dan menghubungkan setiap tema-tema. Dalam mensintesis tema-tema yang terkandung dalam setiap artikel terdapat empat langkah utama yang perlu dilakukan. Rajah 3 menunjukkan proses sintesis tematik (Cronin & George, 2023).



Rajah 3 Proses Sintesis Tematik

Langkah pertama dalam proses sintesis tematik, penilai membuat pembaca awal sehinggalah memahami sepenuhnya kandungan setiap artikel. Pada langkah ini juga, persamaan dan perbezaan dapatan di antara setiap komuniti dikeluarkan bagi membina tema-tema yang berkaitan atau tema-tema yang mungkin berkaitan secara menyeluruh. Pada langkah kedua, tema aras rendah dan tema aras tinggi ditentukan. Dapatan setiap artikel dikodkan mengikut sifat data yang diperolehi dan di kategorikan sebagai tema aras rendah. Tema-tema aras rendah ini yang digeneralisasikan membentuk tema aras tinggi. Tema aras tinggi ini diteliti dan tema-tema yang mempunyai perkaitan disatukan. Langkah seterusnya, setiap hubungan setiap tema diperhatikan bagi mewujudkan kerangka yang menjurus kepada menjawab persoalan kajian dan memberikan makna. Akhir sekali, fokus tema-tema disemak bagi mendapatkan kategori atau perhubungan yang paling minima dan menonjolkan tema aras rendah. Hasil analisis ini enam tema dikenalpasti iaitu strategi pelaksanaan EDP dalam instruksional, topik matematik yang seringkali diintegrasikan dengan EDP, murid sekolah rendah yang diajarkan dengan EDP, kemahiran yang diperolehi melalui implikasi EDP, implikasi EDP terhadap perkembangan murid, dan implikasi EDP terhadap pembelajaran matematik. Jadual 3 menunjukkan analisis dapatan kajian.

Jadual 3 Analisis Dapatan Kajian

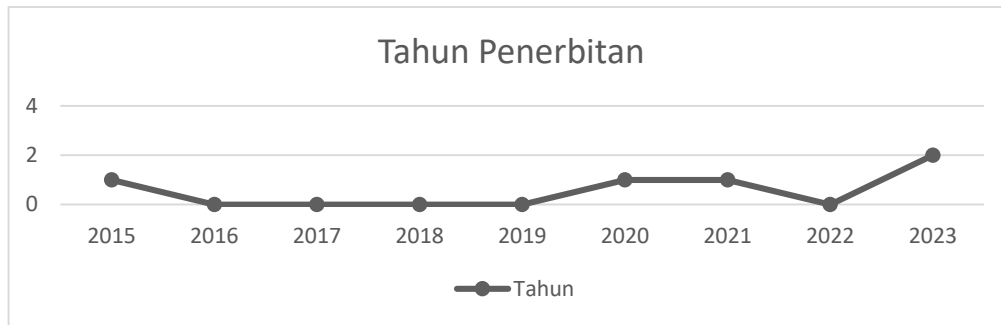
Penulis	Strategi pelaksanaan	Topik matematik	Sampel kajian	Kemahiran yang diperolehi				Implikasi kepada perkembangan murid						Implikasi kepada pembelajaran matematik						
				M	B	K	PK	I	A	R	P	D	U	In	M	PM	KH	DU	LM	
(Nurmasari et al., 2023)	Model Pembelajaran Kejuruteraan Matematik Realistik (<i>Realistic Mathematical Engineering</i>)	Geometri	Tahun 6	√	√	√		√	√	√	√						√	√	√	√
(Karatas-Aydin & Isiksal-Bostan, 2023)	Pendekatan STEM	Geometri, Sukatan, Interpretasi Data, Kos-Efektif	Tahun 5 & 6	√		√			√			√		√				√		√
(Firdaus et al., 2020)	Pendekatan STEM	Geometri	Tahun 6			√			√				√	√		√		√		√
(English & King, 2015)	Pendekatan STEM	Geometri, Sukatan	Tahun 4	√		√		√			√		√					√		
(Lakanukan et al., 2021)	Pendekatan STEM/ Pengurusan Pembelajaran	Sukatan	Tahun 4				√		√		√	√	√	√		√		√		√

DAPATAN DAN PERBINCANGAN KAJIAN

Dapatan Umum dan Latar Belakang Kajian

Tahun Penerbitan

Trend bagi kajian penyelidikan EDP dalam instruksional matematik dilihat bermula pada tahun 2015. Trend ini dilihat semakin kerap apabila kajian-kajian seumpamanya turut dilakukan pada tahun 2020, 2021, dan 2023. Ini menunjukkan terdapat perkembangan yang positif terhadap pengaplikasian model EDP ini dalam instruksional matematik di sekolah rendah. Rajah 4 menunjukkan trend tahun penerbitan.



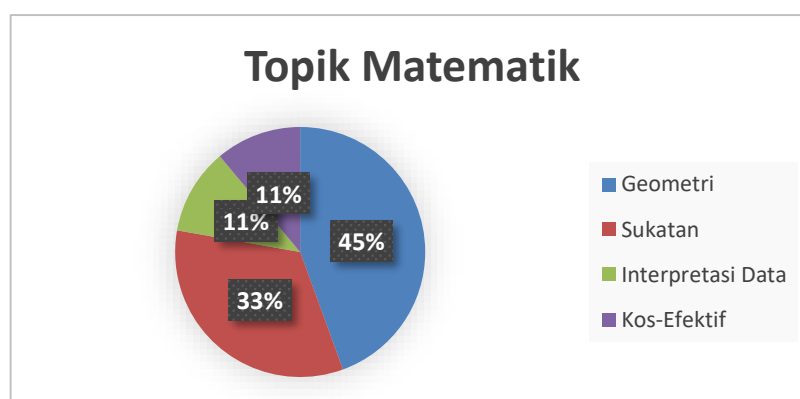
Rajah 4 Trend Tahun Penerbitan

Strategi Pelaksanaan Instruksional

Empat daripada strategi pembelajaran yang mengimplementasikan model EDP adalah melalui pendekatan pembelajaran sains, teknologi, kejuruteraan dan matematik (STEM). Hanya satu sahaja kajian melibatkan Model Pembelajaran Kejuruteraan Matematik Realistik. Namun, dapat dilihat pada kelima-lima kajian mempunyai persamaan apabila terdapat elemen kejuruteraan dalam strategi yang digunakan. Ini menunjukkan bahawa, pendedahan model EDP dalam instruksional matematik diperingkat sekolah rendah belum cukup meluas. Dapatan yang senada dalam kajian (Jin et al., 2024) apabila dapat diperhatikan pola perkembangan pengaplikasian model EDP dalam pendidikan namun kebanyakan kata kunci yang melibatkan model ini masih berkisar pada subjek pendidikan sains, pendidikan STEM, teknologi, dan kejuruteraan sahaja.

Topik Matematik

Majoriti topik matematik tertumpu pada tajuk geometri dan sukatan. Hanya satu sahaja kajian yang bereksplorasi dengan interpretasi data dan kos-efektif. Rajah 5 menunjukkan pecahan topik matematik yang diintegrasikan bersama model EDP.



Rajah 5 Topik Matematik yang Diintegrasikan Dalam Model EDP

Sampel Kajian

Kesemua sampel kajian hanya melibatkan murid tahap 2 dan berumur di antara 10 hingga 12 tahun. Seजार dengan teori perkembangan kognitif oleh Jean Piaget yang menggariskan perkembangan peringkat operasi melibatkan kesediaan murid yang berusia 11 tahun dan ke atas untuk mengolah pengetahuan atau sesuatu yang abstrak secara logik dan berupaya melalui proses asimilasi dan akomodasi. Ini kerana kemahiran dalam model EDP memerlukan murid untuk mengasimilasi dan mengakomodasi pengetahuan sedia ada bagi dihubungkan dengan pengetahuan baru.

Dapatan Utama

Kemahiran yang Dipupuk Melalui Proses Reka Bentuk Kejuruteraan

Perbincangan dan kerja lapangan merupakan inisiatif utama dalam aktiviti yang melibatkan EDP dalam pembelajaran (Arik & Topçu, 2022). Aktiviti sebegini disamping memberikan satu pengalaman pembelajaran ke arah pemahaman sesebuah konsep, ia juga menjurus kepada perkembangan pelbagai kemahiran. Hasil dapatan kelima-lima kajian ini menunjukkan kemahiran umum yang boleh dikaitkan dengan EDP dalam pembelajaran matematik adalah pemikiran kritikal, berkomunikasi, pemikiran kreatif dan juga kemahiran menaakul.

Prosedur pertama dalam EDP memerlukan murid untuk bertanya bagi memulakan tugas. Seawal prosedur ini, murid perlu mempunyai kemampuan mentakrifkan persoalan dengan tepat dan berfikir secara kritikal untuk mengintegrasikan segala pengetahuan yang mereka ada bagi mencari solusi yang terbaik dan praktikal (Lakanukan et al., 2021). Pemikiran kritikal ditakrifkan sebagai keupayaan untuk membina idea baru dan mengeluarkan solusi yang berbeza terhadap sesuatu permasalahan dengan mengambil kira pelbagai perspektif (Kamarulzaman et al., 2021). Langkah ini bukanlah satu rutin yang menjadi kebiasaan di sekolah-sekolah rendah. Oleh itu, kemahiran ini perlu dipupuk kerana ia sangat penting bagi meningkatkan keupayaan murid untuk menganalisis, menginterpretasi, membuat inferens, dan sekaligus memberikan penerangan terhadap sesuatu idea atau isu. Akan tetapi terdapat kajian menunjukkan murid sekolah rendah mempunyai tahap pemikiran kritikal yang sangat rendah (Encabo-Fernández et al., 2023; Sarwanto et al., 2021). Walaupun pelbagai punca menjadi faktor kepada kekurangan ini, namun faktor seperti murid kurang didedahkan dengan menghuraikan masalah dapat dielakkan menggunakan teknik EDP ini.

Penyediaan platform yang baik dapat membentuk kemahiran berkomunikasi yang baik. Kelima-lima artikel dalam kajian ini mengetengahkan kerja berpasukan dalam menjalankan tugas. Bermula daripada prosedur bertanya hinggalah prosedur keenam berkongsi di dalam EDP memerlukan murid untuk berkomunikasi seterusnya berkolaborasi diantara satu sama lain. Murid juga perlu saling menghormati idea dan bertolak ansur bersama rakan-rakan di dalam kumpulan sendiri atau bersama rakan lain di dalam kelas (Nurmasari et al., 2023). Malah persekitaran yang berunsurkan EDP ini memerlukan murid untuk sentiasa menghuraikan dan memberikan justifikasi terhadap idea-idea yang dilontarkan bagi mendapatkan maklum balas daripada guru dan rakan-rakan. Persekitaran sebegini sememangnya mempromosikan kemahiran berkomunikasi yang baik.

Selanjut, EDP mencungkil kreativiti murid-murid. Tidak seperti rutin kebiasaan di bilik darjah matematik, murid diberikan latihan bertulis yang mempunyai jawapan tertentu. Sebagai contoh, latihan penambahan di mana jawapannya adalah berbentuk tetap. Namun, melalui pembelajaran berunsurkan EDP murid bebas untuk merancang jalan penyelesaian masalah dan ruang ini meningkatkan daya kreativiti murid-murid (Firdaus et al., 2020). Malah murid yang pintar dapat memanipulasikan pengetahuan konsep yang dimiliki untuk menyokong keputusan yang mereka lakukan dengan cara yang inovatif (Karatay-Aydin & Isiksal-Bostan, 2023). Satu projek EDP di dalam kelas matematik, menghasilkan pelbagai imaginasi dan solusi yang berbeza mengikut kreativiti murid yang pelbagai. Tetapi, aktiviti kreativiti ini agak sukar bagi murid sederhana dan murid lemah. Murid sederhana mempunyai kefahaman terhadap sesuatu konsep matematik tetapi agak sukar untuk menentukan strategi penyelesaian yang bukan rutin, manakala murid lemah berhadapan dengan kemungkinan tidak memahami soalan yang diberikan kemungkinan tidak memahami soalan yang diberikan (Yayuk et al., 2020). Oleh itu guru perlu membimbing dan merangsang pemikiran kreatif ini secara berperingkat.

Kemahiran menaakul melibatkan kemahiran mengolah maklumat diperolehi dan menginterpretasikan maklumat tersebut agar satu penilaian yang mendalam dalam dilakukan. Ia melibatkan proses menganalisis, mengintegrasikan, menilai, membuat kesimpulan, membuat generalisasi, dan memberikan hujah berdasarkan logik (Lindquist et al., 2017). Hasil pendedahan terhadap persekitaran EDP, murid-murid

pintar mampu menjana dan menyusun idea dan menterjemahkannya dengan menghasilkan produk-produk (Karatas-Aydin & Isiksal-Bostan, 2023). Ini menjadikan proses pembelajaran lebih bermakna dan membangunkan kognitif murid dengan baik. Malah, dewasa ini pentaksiran diperingkat nasional mahupun antarabangsa telah menyisipkan soalan-soalan penaakulan bagi meninjau tahap kognitif murid-murid tahun empat dan tingkatan dua di seluruh dunia. Sehubungan dengan kepentingan perkembangan kemahiran menaakul ini, *Trend in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) juga meletakkan 20 peratus hingga 25 peratus soalan berbentuk penaakulan. Oleh itu, langkah pengintegrasian EDP dalam pembelajaran matematik ini dilihat satu langkah proaktif bagi menyokong matlamat global ini.

Implikasi Proses Reka Bentuk Kejuruteraan Terhadap Perkembangan Murid Sekolah Rendah

Kelima-lima kajian yang dilakukan ini menjurus kepada pembelajaran berasaskan projek yang sinonim dengan EDP. Peluang menjalankan tugas sebegini memberi murid peluang untuk lebih aktif di dalam kelas dan bebas menterjemahkan idea-idea mereka terhadap tugas yang diberikan (Nurmasari et al., 2023). Tugas ini memberikan murid-murid ini satu pengalaman pembelajaran yang berbeza dan sangat bermakna (English & King, 2015). Kebebasan untuk bereksplorasi dan pembelajaran yang bermakna ini meningkatkan minat dan motivasi murid untuk belajar (Firdaus et al., 2020). Malah, empat daripada kajian ini menunjukkan EDP memberikan murid berpeluang untuk mengintegrasikan beberapa konsep pembelajaran di dalam subjek sains, matematik, teknologi, dan kejuruteraan di dalam satu tugas yang sama. Implikasinya murid dapat melihat perhubungan setiap konsep itu di antara satu sama lain dan melihat aspek pengaplikasiannya dalam kehidupan seharian (Firdaus et al., 2020). Dari segi pembinaan pengetahuan, melalui EDP murid dapat membina kefahaman sendiri melalui pengalaman yang mereka lalui sendiri secara praktikal (Nurmasari et al., 2023). Murid juga mampu memahami serta menterjemahkan soalan tugas dengan tepat (Lakanukan et al., 2021). Manakala dari aspek sosial, bekerja secara berpasukan dalam tugas EDP menjadikan murid belajar menghormati dan menghargai idea yang dilontarkan dan berkongsi melihat sesuatu isu dari perspektif yang berbeza (Nurmasari et al., 2023).

Implikasi Proses Reka Bentuk Kejuruteraan Terhadap Perkembangan Pembelajaran Matematik Murid Sekolah Rendah

Terdapat empat implikasi utama EDP terhadap perkembangan pembelajaran matematik murid sekolah rendah. Pertama, kelima-lima kajian menunjukkan bahawa melalui EDP murid dapat mengintegrasikan matematik dengan subjek lain dan mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam kehidupan seharian. Sebagai contoh dalam kajian Karatas-Aydin & Isiksal-Bostan (2023), projek pembinaan jambatan memperlihatkan keupayaan murid untuk menyokong kestabilan jambatan yang dibina dengan mengambil kira pelbagai aspek termasuk reka bentuk (kejuruteraan), membuat pengukuran penyangga jambatan (matematik), melaras diameter semi bulatan lengkungan jambatan (matematik), dan pengiraan tekanan yang perlu diambil kira (sains). Peluang sebegini bukan sahaja mengintegrasikan pelbagai konsep ilmu, malah turut memberi peluang murid mengasimilasikan pengetahuan itu dalam situasi kehidupan sebenar. Kedua, kelima-lima dapatan kajian juga bersetuju melalui EDP murid dapat meneroka konsep-konsep dan prosedur-prosedur dalam matematik. Peluang bereksplorasi membolehkan murid melihat perhubungan formula-formula matematik dan memahami asas-asas sesuatu konsep (Nurmasari et al., 2023). Walaubagaimanapun, English & King (2015) menekankan kepentingan peranan guru membimbing murid dalam proses untuk memahami konsep ini. Ketiga, EDP membantu memperkukuhkan literasi matematik murid dengan membantu mereka memahami dan menginterpretasi sesuatu konsep. Kajian (Nurmasari et al., 2023) mendapati murid yang mengaplikasikan EDP dalam pembelajaran matematik menunjukkan prestasi yang lebih baik dalam literasi matematik. Akhir sekali, EDP meningkatkan keupayaan murid untuk menyelesaikan masalah matematik. Murid yang terdedah kepada mempunyai gerak kerja EDP lebih menonjol dalam perancangan, membuat keputusan, dan membuat refleksi (Karatas-Aydin & Isiksal-Bostan, 2023). Ini kerana murid-murid ini telah terlatih untuk menyelesaikan sesuatu permasalahan dengan terancang dan tersusun.

CADANGAN

Dapatan kajian ini membawa kepada beberapa cadangan penambahbaikan untuk kajian lanjutan. Pertama, kajian masa depan perlu meninjau kekangan atau cabaran yang dihadapi dalam menjalankan instruksional matematik yang mengintegrasikan EDP. Cabaran-cabaran ini boleh merangkumi cabaran guru sendiri dalam melaksanakan instruksional matematik yang mengintegrasikan EDP dan cabaran murid bereksplorasi dengan EDP dalam pembelajaran. Kedua, mengkaji kesan strategi yang diintegrasikan bersama EDP. Strategi dan faktor luaran lain turut memberi kesan terhadap pelaksanaan EDP dalam instruksional matematik.

KESIMPULAN

Proses Reka Bentuk Kejuruteraan (EDP) melatih murid untuk berfikir secara tersusun dan terancang dalam menyelesaikan masalah. Bukan sahaja proses ini merangsang budaya berfikir secara kritis dalam pembelajaran, malah turut boleh diimplementasikan dalam kehidupan sehari. EDP dalam pendidikan telah mendapat perhatian yang meluas, sama ada diperingkat pendidikan tertiar sehingga ke peringkat prasekolah. Proses pembelajaran berunsurkan kejuruteraan ini mula mendapat tempat kerana berupaya meningkatkan kebolehan berfikir dan kreativiti murid melalui proses yang tersusun. Walaubagaimanapun, kebanyakan kajian EDP dalam pendidikan sekolah rendah masih berlegar hanya pada pembelajaran yang berkaitan bidang kejuruteraan dan sains (Flanagan et al., 2024; Heffernan & Sullivan, 2021; Kelly et al., 2017). Oleh itu, penyebaran teknik EDP dalam instruksional matematik perlu diperluas dan pergiat.

RUJUKAN

- Ali, M., & Tse, A. W. C. (2023). Research Trends and Issues of Engineering Design Process for STEM Education in K-12: A Bibliometric Analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(3), 695–727. <https://doi.org/10.46328/ijemst.2794>
- Aling, M., & Maat, S. M. (2021). Tahap Penerapan Dan Kefahaman Guru Matematik Terhadap Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) Dalam PdP Matematik Di Sekolah Rendah. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 3(1), 331–341. <https://myjms.mohe.gov.my/index.php/jdpd/article/view/12587>
- Arik, M., & Topçu, M. S. (2022). Implementation of Engineering Design Process in the K-12 Science Classrooms: Trends and Issues. *Research in Science Education*, 52(1), 21–43. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09912-x>
- Bahagian Pembangunan Kurikulum, K. P. M. (2014). *Dasar Pembangunan Kurikulum Kebangsaan (Pertama)*. Kementerian Pendidikan Malaysia. <http://bpk.moe.gov.my/index.php/terbitan-bpk/buku-penerangan-kssr-kssm>
- Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan. (2020). *Laporan Kebangsaan Timss 2019 Trends In International Mathematics And Science Study* (Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan, Ed.; FIRST EDITION). Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Baul, A. L. N., & Mahmud, M. S. (2021). Kemahiran Penyelesaian Masalah Matematik Berayat Sukar dalam Pembelajaran Matematik Sekolah Rendah. In Z. Mahadi, W. Wahi, J. Alias, A. Basir, W. Z. Wan Hassan, A. Umar, M. Mamat, & C. Mohd. Shamsudin (Eds.), *International Virtual Conference On Liberal Studies 2021 Mastery of Multidisciplinary and Inter-Disciplinary Skills and Competencies* (pp. 137–141). Pusat Pengajian Citra Universiti (Citra UKM).
- Collins, J. A., & Fauser, B. C. J. M. (2005). Balancing the strengths of systematic and narrative reviews. *Human Reproduction Update*, 11(2), 103–104. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmh058>
- Cook, M. D. J., & Haynes, R. B. (1997). Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. *Ann Intern Med*, 126, 376–380.
- Cronin, M. A., & George, E. (2023). The Why and How of the Integrative Review. *Organizational Research Methods*, 26(1), 168–192. <https://doi.org/10.1177/1094428120935507>
- Encabo-Fernández, E., Albarracín-Vivo, D., & Jerez-Martínez, I. (2023). Evaluative research on the critical thinking of primary school students. *International Journal of Educational Research Open*, 4, 100249. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2023.100249>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- Firdaus, A. R., Wardani, D. S., Altaftazani, D. H., Kelana, J. B., & Rahayu, G. D. S. (2020). Mathematics learning in

- elementary school through engineering design process method with STEM approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1657(1), 012044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1657/1/012044>
- Flanagan, B., Hourigan, M., & Leavy, A. (2024). Primary teachers' learning experiences of integrated STEM education. *Journal of Early Childhood Research*. <https://doi.org/10.1177/1476718X241257335>
- Heffernan, J., & Sullivan, F. (2021). Teaching K-6 Elementary Engineering with Robotics. *International Journal of Engineering Education*, 37(6), 1655–1673.
- Jin, D., Jian, M., & Liu, S. (2024). Research hotspots and development trends of K-12 engineering education research: Bibliometric analysis based on CiteSpace. *Heliyon*, 10(13), e33590. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33590>
- Kaitera, S., & Harmoinen, S. (2022). Developing mathematical problem-solving skills in primary school by using visual representations on heuristics. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 10(2). <https://doi.org/10.31129/LUMAT.10.2.1696>
- Kamarulzaman, W., Mohd Jodi, K. H., Oo, C. K., Mahmood, R., & Che Aziz, R. (2021). Teachers' Model For Teaching Critical Thinking In Primary School. *International Journal of Education and Pedagogy (IJEAP)*, 3(3), 7–16.
- Karatas-Aydin, F. I., & Isiksal-Bostan, M. (2023). Engineering-based modelling experiences of elementary gifted students: An example of bridge construction. *Thinking Skills and Creativity*, 47, 101237. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101237>
- Kelly, G. J., Cunningham, C. M., & Ricketts, A. (2017). Engaging in identity work through engineering practices in elementary classrooms. *Linguistics and Education*, 39, 48–59. <https://doi.org/10.1016/j.linged.2017.05.003>
- Lakanukan, S., Thanyaphongphat, J., & Areeprayolkij, W. (2021). The Design Process of STEM Learning Activities for Problem-Solving on the PM 2.5 Mask: The Case of Primary School in Thailand. In M. M. T. Rodrigo, S. Iyer, & A. Mitrovic (Eds.), *Proceedings of the 29th International Conference on Computers in Education* (pp. 201–207). Asia-Pacific Society for Computers in Education (APSCE). <https://icce2021.apsce.net/wp-content/uploads/2021/12/ICCE2021-Vol.II-PP.-201-206.pdf>
- Lindquist, M., Philpot, R., Mullis, I. V. S., & Cotter, K. E. (2017). *Chapter 1 TIMSS 2019 Mathematics Framework*. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <https://timss2019.org/wp-content/uploads/frameworks/T19-Assessment-Frameworks-Chapter-1.pdf>
- Mamat, N., & Abdul Wahab, M. N. (2022). Kajian Masalah Pembelajaran Matematik di kalangan Pelajar Sekolah Rendah Luar Bandar. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(6), e001531. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i6.1531>
- Mohamed Shaffril, H. A., Samsuddin, S. F., & Abu Samah, A. (2021). The ABC of systematic literature review: the basic methodological guidance for beginners. *Quality and Quantity*, 55(4), 1319–1346. <https://doi.org/10.1007/s11135-020-01059-6>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ*, 339(jul21 1), b2535–b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Mohamad, A. F., Mohamad Sidek, M. S., Rosli, R., Maat, S. M., & Mahmud, M. S. (2023). Tinjauan Strategi menangani Diskalkulia melalui Sorotan Literatur Sistematis. *JURNAL PENDIDIKAN SAINS DAN MATEMATIK MALAYSIA*, 13(2), 11–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol13.2.2.2023>
- Muñoz-Rujas, N., Diez-Ojeda, M., Greca, I. M., & Montero, E. A. (2018). Application of the Engineering Design Process within the STEAM frame to the determination of heat capacities in liquids. *XI National and II International Engineering Thermodynamics Congress*, 1–11.
- Musa, M., & Meor Samsudin, W. N. A. (2021). Implementasi Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) Matematik: Adakah Suatu Realiti? *Sains Malaysiana*, 50(9), 2781–2790. <https://doi.org/10.17576/jsm-2021-5009-23>
- Nurmasari, L., Budiyo, Nurkamto, J., & Ramli, M. (2023). Realistic Mathematics Engineering for improving elementary school students' mathematical literacy. *Journal on Mathematics Education*, 15(1), 1–26. <https://doi.org/10.22342/jme.v15i1.pp1-26>
- Pusat Perkembangan Kurikulum. (2002). *Kemahiran Berfikir dalam Pengajaran dan Pembelajaran* (Pusat Perkembangan Kurikulum, Ed.; Cetakan Pertama). Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Putrajaya: Bahagian Pembangunan Kurikulum. (2018). *Dokumen Standard Kurikulum Dan Pentaksiran Reka Bentuk dan Teknologi Tahun 4 Semakan 2017*. Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Sarwanto, Widi Fajari, L. E., & Chumdari. (2021). Critical Thinking Skills And Their Impacts On Elementary School Students. *Malaysian Journal of Learning And Instruction*, 2(2), 161–187.
- Siew, N. M. (2022). Exploring Students' Stem Imagination Process Through An Engineering Design Process. *International Journal of Teaching and Learning*, 01, 1–18. <https://doi.org/10.17501/26827034.2021.1101>
- Varatharaju, S., & Setambah, M. A. B. S. (2023). Pelaksanaan Kbat dengan Penggunaan Kaedah Jadual Dalam Penyelesaian Masalah Matematik Tahun Empat. *JURNAL PENDIDIKAN SAINS DAN MATEMATIK MALAYSIA*, 13(1), 22–30.
- Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N., & Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the Engineering Design Process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1345–1360. <https://doi.org/10.17478/jegys.766201>
- Wong, E. W. Z., & Rosli, R. (2020). Sorotan Literatur Bersistematis: Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) dalam

- Kalangan Guru Matematik. In N. F. Habidin, U. A. Muhammad, S. Y. O. Yong, & T. W. Tuan Chik (Eds.), *Pembangunan Penyelidikan Dan Inovasi Dalam Teknologi, Pendidikan Dan Sains Sosial* (Cetakan Pertama, pp. 139–157). Kaizentrenovation Sdn Bhd.
- Yayuk, E., Purwanto, A., & Abdur Rahman, S. (2020). Primary School Students' Creative Thinking Skills in Mathematics Problem Solving. *European Journal of Educational Research*, 9(3), 1281–1295.