**Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH) (e-ISSN : 2504-8562)**
**2022, Volume 7, Issue 4, e001455**
**DOI:** https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i4.1455

# Pemikiran Komputasional dalam Matematik: Satu Tinjauan Literatur Bersistematik

## *(Computational Thinking in Mathematics: A Systematics Literature Review)*

Li Jin Hwa Julie[1*], Tan Lean Chuen[2], Roslinda Rosli[3]

[1]Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600, Bangi, Selangor, Malaysia.
Email: p105822@siswa.ukm.edu.my
[2]Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600, Bangi, Selangor, Malaysia.
Email: p105208@siswa.ukm.edu.my
[3]Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600, Bangi, Selangor, Malaysia.
Email: roslinda@ukm.edu.my

**CORRESPONDING AUTHOR (*):**
Li Jin Hwa Julie
(p105822@siswa.ukm.edu.my)

**KATA KUNCI:**
Pemikiran komputasional
Pendidikan matematik
Tinjauan literatur bersistematik

**KEYWORDS:**
Computational thinking
Mathematics education
Systematics literature review

**CITATION:**
Li, J. H. J., Tan, L. C., & Roslinda Rosli. (2022). Pemikiran Komputasional dalam Matematik: Satu Tinjauan Literatur Bersistematik. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH), 7*(4), e001455. https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i4.1455

**ABSTRAK**

Pemikiran komputasional merupakan salah satu kemahiran yang penting dalam pada abad ke-21 dalam pelbagai bidang, termasuk bidang pendidikan matematik. Pelbagai kajian telah dilakukan terhadap bidang pemikiran komputasional, namun begitu tinjauan literatur bersistematik yang menyeluruh dijalankan terhadap istilah pemikiran komputasional dalam skop kajian dan bidang pembelajaran matematik adalah terhad. Oleh itu, kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti istilah pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik dan mengkaji bagaimana kajian berkaitan pemikiran komputasional dilaksanakan melalui analisis kajian lepas bagi penerokaan definisi pemikiran komputasional. Kajian ini dijalankan berpandukan model PRISMA di mana terdapat empat peringkat dalam model tersebut iaitu, pengenalpastian, saringan, kelayakan dan kemasukan telah dijalankan berdasarkan protokol kriteria yang ditentukan. Lima puluh buah artikel kajian penyelidikan pemikiran komputasional dari tahun 2011 hingga 2021 diambil daripada Scopus dan WoS dijadikan sumber data kajian ini. Hasil tinjauan literatur menunjukkan bahawa istilah-istilah penting pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik adalah proses pemikiran, menjana masalah, menyelesaikan masalah dan pendekatan komputer. Selain itu, terdapat empat komponen yang terlibat dalam pemikiran komputasional pendidikan matematik, iaitu peniskalaan, peleraian masalah, pengecaman pola dan pemikiran algoritma. Pada masa yang sama, didapati kajian kes dengan pendekatan kualitatif telah mendominasi reka bentuk dan pendekatan kajian dalam penyelidikan pemikiran komputasional. Tambahan pula, majoriti kajian pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik mempraktikkan lebih daripada satu kaedah pengumpulan data. Akhir kata, diharapkan kajian ini

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

memberi implikasi dan gambaran awal kepada pengkaji dari segi istilah pemikiran komputasional dan cara pelaksanaan kajian pendidikan matematik yang berkonsepkan pemikiran komputasional dengan lebih efektif.

**ABSTRACT**

Computational thinking is one of the most important skills in 21st century. A variety of computational thinking researches had been carried out, but it is found that there is no comprehensive systematic literature review focuses on definition terms of computational thinking in mathematics education. Therefore, this research aimed to fill in the gaps of the research field by identifying the definition terms of computational thinking in mathematics education and study on how did the computational researches are conducted. This research was conducted based on four criteria protocols of the PRISMA model (identification, screening, eligibility and inclusion). For that, a total of 50 research articles that passed the minimum qualification, from the year 2011 to 2021 were retrieved from Scopus and WoS. The result of the study shows the four main definition terms of computational thinking in mathematics education are thinking process, problem generating, problem solving and computer approach. Besides, there are four main components in computational thinking of mathematics education, which are abstraction, decomposition, pattern recognition and algorithmic thinking. In addition, it is found that case study and qualitative approaches are mainly applied in most of the researches. Meanwhile, majority of computational thinking in mathematics education researches practice more than one method of collecting data. In conclusion, it is hoped that this study could shed light on the definition terms of computational thinking in mathematics education and provides an initial overview to future researchers about ways to conduct computational thinking research in mathematics education.

**Sumbangan/Keaslian:** Kajian ini menyumbang kepada tinjauan literatur bersistematik yang lebih menyeluruh tentang istilah pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik. Selain itu, kajian ini turut menyumbang kepada analisis bagaimana kajian berkaitan pemikiran komputasional dilaksanakan dalam kajian lepas bagi penerokaan definisi pemikiran komputasional, khususnya dari aspek reka bentuk kajian, pendekatan dan kaedah pengumpulan data.

## 1. Pengenalan

Seiringan dengan perkembangan era globalisasi yang semakin pesat pada abad ke-21, pendidikan dalam matematik di sekolah rendah dan sekolah menengah di Malaysia telah disemak semula mulai tahun 2011 bagi tujuan menyediakan kualiti kurikulum yang setanding di peringkat antarabangsa (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2018). Hal ini adalah selaras dengan hasrat pendidikan negara, iaitu melahirkan generasi baharu yang berfikrah matematik, kreatif dan inovatif dan berupaya memenuhi keperluan semasa. Di Malaysia, para murid diharapkan berupaya melengkapkan diri dengan ilmu pengetahuan,

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

kemahiran abad ke-21 dan nilai murni agar berdaya saing di peringkat global. Oleh itu, pengintegrasian Teknologi Maklumat dan Komunikasi (TMK) dalam pendidikan matematik adalah penting dan berupaya memberi impak yang positif dalam pengajaran guru dan pembelajaran murid (Thian & Mohd Effendi, 2021). Kini, pemikiran komputasional telah diaplikasikan secara meluas dalam bidang TMK. Dengan itu, pemikiran komputasional turut diterapkan dalam pendidikan matematik seiringan dengan revolusi industri 4.0 yang semakin pesat. Negara-negara maju seperti Australia, United Kingdom dan United States amat menitikberatkan perkembangan dan penguasaan pemikiran komputasional dalam kalangan murid (Mouza, 2017).

Apakah itu pemikiran komputasional? Pemikiran komputasional merupakan suatu proses pemikiran yang membolehkan seseorang individu memahami sesuatu masalah yang kompleks dan memecahkannya kepada beberapa bahagian dalam proses penyelesaian masalah. Secara umumnya, terdapat empat konsep utama dalam pemikiran komputasional, iaitu peleraian masalah (*problem decomposition*), pengecaman pola (*pattern recognition*), peniskalaan (*abstraction*) dan algoritma (*algorithm)* (Barr & Stephenson, 2011; Mouza, 2017; Yadav et al., 2017). Konsep pertama, peleraian masalah merupakan keupayaan seseorang menganalisis sesuatu masalah atau maklumat yang diberikan kepada beberapa komponen kecil seperti pengoperasian sistem komputer. Konsep kedua, pengecaman pola melibatkan proses mengenal pasti pola dan mengkategorikan pola daripada masalah yang diberikan. Konsep ketiga, peniskalaan merupakan keupayaan untuk memfokuskan maklumat yang penting dan berguna, di mana maklumat yang mengelirukan perlu dikecualikan. Konsep keempat, algoritma melibatkan proses merancang jalan penyelesaian, rumus atau prosedur yang boleh digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Kini, pemikiran komputasional digunakan secara meluas dalam penyelesaian masalah merentasi mata pelajaran (Barr & Stephenson, 2011).

## 2. Sorotan Literatur

Memang tidak dapat dinafikan bahawa pemikiran komputasional merupakan suatu set kemahiran berfikir yang sistematik dan menyerupai sistem pemprosesan komputer. Terdapat pelbagai kajian penyelidikan yang menjurus kepada tinjauan literatur bersistematik pemikiran komputasional dalam bidang pendidikan sejak dekad yang lalu. Tinjauan kajian lepas menunjukkan bahawa para penyelidik lebih menjurus kepada sorotan literatur bersistematik tentang ciri-ciri dan aspek pemikiran komputasional yang diintegrasikan dalam pendidikan matematik (Kallia et al., 2021), penilaian terhadap perlaksanaan pemikiran komputasional (Tang, 2020) serta kerangka konseptual dan model yang digunakan dalam bidang pemikiran komputasional (Nor, 2020; Tikva & Tambouris, 2021; Filzah et al., 2019). Selain daripada itu, terdapat beberapa sorotan literatur bersistematik yang telah memfokuskan kepada perlaksanaan dan pengaplikasian pemikiran komputasional dalam pengajaran dan pembelajaran dalam konteks bilik darjah (Rogers, 2020), diikuti dengan pedagogi, pendekatan dan bahan yang digunakan dalam pengintegrasian pemikiran komputasional (Agbo et al., 2019; Shoaib & Brophy, 2020). Pada masa yang sama, terdapat juga tinjauan literatur bersistematik yang dilakukan terhadap aspek pemikiran komputasional dalam perisian *Scratch* di peringkat sekolah rendah (Fagerlund et al., 2021; Zhang & Nouri, 2019). Sehubungan itu, tinjauan literatur bersistematik yang dijalankan oleh Barcelos et al. (2018) telah menerangkan bukti pembelajaran matematik yang bertujuan untuk memupuk dan meningkatkan kemahiran pemikiran komputasional.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Namun begitu, analisis tinjauan kajian lepas menunjukkan bahawa tinjauan literatur bersistematik yang menyeluruh dijalankan terhadap istilah pemikiran komputasional dalam skop kajian dan bidang pembelajaran matematik adalah terhad. Oleh itu, kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti istilah pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik dan mengkaji bagaimana kajian berkaitan pemikiran komputasional dilaksanakan melalui analisis kajian lepas bagi penerokaan definisi pemikiran komputasional. Objektif kajian ini adalah menyediakan suatu tinjauan literatur bersistematik untuk menjawab kedua-dua persoalan kajian berikut:

i. Apakah definisi pemikiran komputasional dalam penyelidikan pendidikan matematik?
ii. Bagaimanakah kajian berkaitan pemikiran komputasional dilaksanakan dalam penyelidikan matematik?

## 3. Metod Kajian

Kajian ini bertujuan mengenal pasti konsep pemikiran komputasional dalam kajian pendidikan Matematik dari segi istilah dan kaedah kajian yang dijalankan. Lantaran itu, satu tinjauan literatur bersistematik dilaksanakan dengan menggunakan carta alir PRISMA (Moher et al., 2009) sebagai panduan menganalisis konteks kajian ini. Secara ringkasnya, terdapat empat peringkat dalam carta alir PRISMA iaitu, pengenalpastian (*identification*), saringan (*screening*), kelayakan (*eligibility*) dan kemasukan (*inclusion*).

Dalam proses pengenalpastian, pengkaji menetapkan dua kata kunci utama iaitu, "*Computational thinking*" dan "*Mathematics education*". Selain itu, carian Boolean "*AND*" diselitkan di antara dua kata kunci tersebut untuk meluaskan pencarian yang menjurus ke arah konteks kajian ini. Dalam kajian ini, pangkalan data *Scopus* dan *Web of Science* (WoS) digunakan sebagai sumber utama dalam pencarian artikel. Rasional kedua-dua pangkalan data tersebut dipilih adalah kerana artikel-artikel yang diterbitkan dalam pangkalan data tersebut memiliki faktor impak dan kredibiliti yang tinggi. Jadual 1 menunjukkan kata kunci yang digunakan dalam pencarian literatur dari pangkalan data *Scopus* dan *WoS.*

Jadual 1: Kata kunci yang digunakan dalam kajian

| **Pangkalan Data** | **Kata kunci yang digunakan** |
|---|---|
| *Scopus* dan *WoS* | *("Computational thinking" AND "Mathematics education")* |

Hasil pencarian artikel mendapati bahawa terdapat 45 buah artikel daripada *Scopus* dan 38 buah artikel daripada *WoS* mengandungi kata kunci yang bertepatan dengan kajian. Sejumlah 83 buah artikel dikenalpasti pada peringkat pertama. Kemudian, kesemua 83 buah artikel tersebut diteruskan dengan proses saringan. Pada saringan pertama, artikel yang sama atau berulang akan dikeluarkan. Dalam saringan pertama, sebanyak 25 buah artikel telah dikeluarkan daripada jumlah 83 buah artikel tersebut dengan baki 58 buah artikel. Kemudian, saringan kedua diteruskan dengan berpandukan kepada kriteria yang dipertimbangkan dalam tinjauan literatur bersistematik. Secara amnya, terdapat lima kriteria utama yang menjadi panduan pengkaji dalam tinjauan literatur bersistematik ini iaitu, jenis literatur, penggunaan bahasa, garis masa, indeks literatur, pangkalan data dan negara. Jadual 2 menunjukkan kriteria yang dipertimbangkan dalam tinjauan literatur ini.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Jadual 2: Kriteria yang dipertimbangkan dalam saringan kedua tinjauan literatur bersistematik

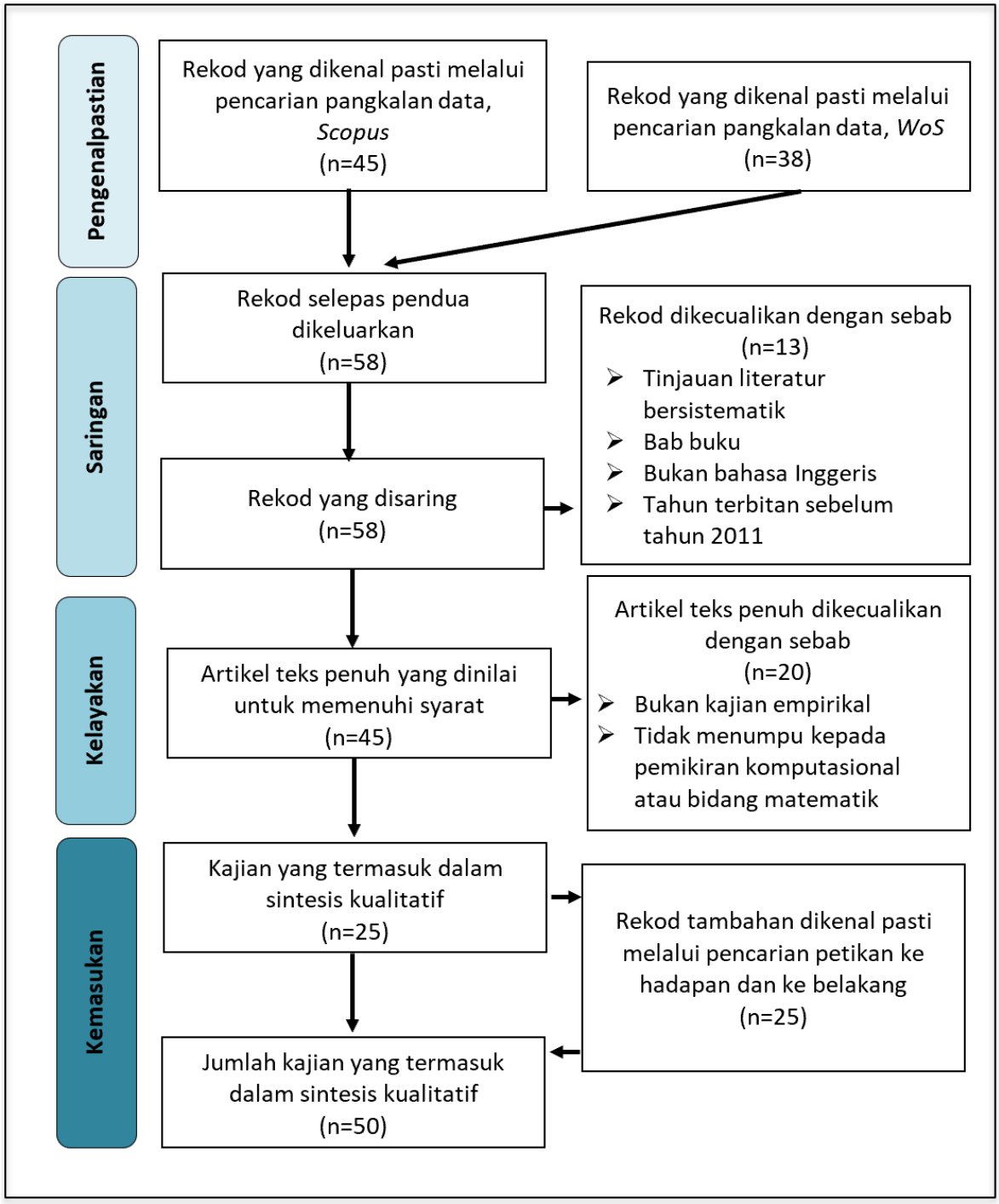
| Aspek kriteria | Kelayakan | Pengecualian |
|---|---|---|
| Jenis literatur | Jurnal (Artikel kajian) | Artikel tinjauan literatur bersistematik<br>Buku<br>Bab buku |
| Bahasa | Bahasa Inggeris | Bukan bahasa Inggeris |
| Garis masa | 2011 - Mei 2021 | Sebelum 2011 |
| Indeks | *Mathematics Citation Index*<br>*Social Science Citation Index*<br>(SCOPUS & WoS)<br>Pencarian ke hadapan<br>Pencarian ke belakang | Tiada |
| Negara | Seluruh negara | Tiada negara yang spesifik |

Dalam saringan kedua, artikel tinjauan literatur bersistematik, bab buku, bukan bahasa Inggeris dan tahun terbitan sebelum tahun 2011 telah dikecualikan. Hasil saringan tersebut telah menyingkirkan sebanyak 13 buah artikel daripada 58 buah artikel dengan baki 45 buah artikel. Seterusnya, dalam proses kelayakan, pemeriksaan artikel yang lebih lanjut dan mendalam dilaksanakan bagi mengenal pasti kelayakan artikel berlandaskan konsep pemikiran komputasional dalam kajian pendidikan Matematik. Dalam peringkat ini, penyemakan artikel dilakukan dari segi istilah dan kerangka pemikiran komputasional serta kaedah kajian yang dilaksanakan akan dikaji dengan lebih terperinci agar hanya artikel yang relevan sahaja disimpan dan sebaliknya. Lantaran itu, proses kelayakan tersebut telah menyingkirkan 20 buah artikel daripada 45 buah artikel dengan baki 25 buah artikel.

Menurut Xiao dan Watson (2019), tiada pangkalan data memiliki set bahan penerbitan yang lengkap. Sehubungan dengan itu, pengkaji telah melakukan pencarian ke hadapan atau dikenali sebagai pencarian petikan dan pencarian ke belakang atau dikenali sebagai pencarian rujukan (Shaffril et al., 2020). Dalam pencarian ke hadapan, pengkaji meninjau artikel yang pernah memetik 25 buah artikel yang diterbitkan dalam pangkalan data *Scopus* atau *WoS* itu. Sebaliknya, bagi pencarian ke belakang pula, pengkaji meninjau rujukan yang terdapat dalam 25 buah artikel yang diterbitkan dalam pangkalan data *Scopus* atau *WoS* itu. Hasil pencarian tersebut telah berjaya mengumpulkan 25 buah artikel tambahan. Akhirnya, sebanyak 50 buah artikel dimasukkan dalam kajian sintesis kualitatif ini. Rajah 1 menunjukkan carta alir PRISMA yang diterapkan dalam kajian tinjauan literatur bersistematik ini. Kemudian, semua artikel tersebut dianalisis dalam bentuk jadual dengan menggunakan perisian *Microsoft Excel*. Antara komponen yang dianalisis dalam bentuk jadual merangkumi tahun terbitan, tajuk artikel, penulis, negara, definisi pemikiran komputasional, reka bentuk kajian, pendekatan dan kaedah pengumpulan data.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Rajah 1: Carta Alir Kajian Tinjauan Literatur Bersistematik (PRISMA)




## 4. Hasil Kajian dan Perbincangan Kajian

### 4.1. Pendefinisian

Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap pendefinisian pemikiran komputasional dalam 50 buah artikel, didapati bahawa 21 buah artikel (42%) telah merujuk kepada pendefinisian yang diutarakan oleh Wing (2006) dalam kajian pemikiran komputasional dari aspek bidang pendidikan komputasional. Pendefinisian yang dikemukakan oleh Wing (2014) pula telah dirujuk oleh seorang penyelidik. Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapati bahawa terdapat sejumlah sembilan orang penyelidik telah

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

menggunakan definisi pemikiran komputasional yang dikemukakan oleh (Wing 2008, 2010, 2014, 2017). Secara umumnya, pendefinisian pemikiran komputasional yang dikemukakan oleh Wing (2006, 2008, 2010, 2014, 2017) merupakan rujukan utama para penyelidik dalam kajian pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik. Sejumlah 28 buah artikel (58%) telah menunjukkan persetujuan terhadap pendefinisian yang diutarakan oleh Wing (2006, 2008, 2010, 2014, 2017). Jadual 3 menunjukkan analisis sumber pendefinisian pemikiran komputasional dalam 50 buah kajian pendidikan matematik.

Jadual 3: Analisis pendefinisian pemikiran komputasional

| **Pencetus Idea Pemikiran Komputasional** | **Penulis artikel** | **Jumlah artikel** |
|---|---|---|
| Wing (2006) | Brating & Kilhamn (2021); Bouck et al. (2021); Chookaew et al. (2020); Costa et al. (2017); Cui & Ng (2020); Da Silva Barbosa & Maltempi (2019); de Oliveira Dias & Santos (2020); DeVaney et al. (2018); Isabelle et al. (2019); Nessa & Nugraha (2019); Ng & Cui (2020); Ohland et al. (2019); Pei et al. (2018); Reichert et al. (2020); Rich et al. (2019, 2020b); Sırakaya (2020); Sung et al.(2017); Weintrop et al. (2016); Wilkerson-Jerde (2014); Yadav et al. (2014); Zampieri & Javaroni (2020) | 22 |
| Wing (2008) | Ehsan et al. (2018); Ivana den Hartogh (2020); Rodríguez-Martínez et al. (2020) | 3 |
| Wing (2010) | Lee & Malyn-Smith (2020); Niemela et al. (2017) | 2 |
| Wing (2014) | Hadjerrouit & Hansen (2020) | 1 |
| Wing (2017) | Milicic et al. (2020); Sezer & Namukasa (2021) | 2 |
| Sukatan pelajaran di Singapura | Huang et al. (2021), Chan et al. (2020) | 2 |
| Sukatan pelajaran di Sweden | Ahmed et al. (2020) | 1 |
| Bocconi et al. (2016) | Kaufmann & Stenseth (2020) | 1 |
| Bocconi et al. (2018) | Stigberg & Stigberg (2020) | 1 |
| Swaid (2015) | Sunendar et al. (2020); Susanti & Taufik (2021) | 2 |
| Shelby & Woollard (2013) | Abdullah et al. (2019); Rothman et al. (2020) | 2 |
| *Computer Science Teachers Association* (CSTA) | Alotaibi & Alyahya (2019); Da Silva Barbosa & Maltempi (2019) | 2 |
| Weintrop et al. (2016) | Rich et al. (2020a) | 1 |
| Waterman (2020) | Israel & Lash (2019) | 1 |
| Papert (1980) | Miller (2019) | 1 |
| Barr & Stephenson (2011) | Columba (2020) | 1 |
| Kale et al. (2018) | Maharani et al. (2019) | 1 |
| Aho (2012) | Valovičová (2020) | 1 |
| Operational definition | Chan et al. (2020) | 1 |
| Sung et al. (2017) | Sjöberg et al. (2018) | 1 |
| Zhong et al. (2016) | Maharani et al. (2019) | 1 |

Berdasarkan Wing (2006), pemikiran komputasional adalah sejenis pemikiran analitis yang melibatkan pemikiran matematik dalam pemikiran sains dalam usaha menyelesaikan situasi dalam kehidupan sehari. Pada masa yang sama, beliau turut

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

mendefinisikan pemikiran komputasional sebagai suatu mod pemikiran manusia. Terdapat empat proses pemikiran yang terlibat dalam membantu manusia memahami masalah dan mesin agar pemprosesan maklumat berlaku. Antaranya adalah menjana masalah, merumus semula masalah, menstrukturkan semula dan berkomunikasi tentang penyelesaian masalah. Selain itu, Wing (2006) juga membandingkan pemikiran komputasional dengan pemikiran kejuruteraan (*engineering thinking*) dalam proses menyelesaikan masalah pengaturcaraan dan pengekodan. Menurut Wing (2008) pemikiran komputasional boleh didefinisikan sebagai keupayaan menyelesaikan masalah, mereka sistem dan memahami tingkah laku manusia berdasarkan konsep dan proses komputer yang berbeza (Ehsan et al., 2018; Ivana den Hartogh, 2020; Rodríguez-Martínez et al., 2020). Pada tahun 2010, pemikiran komputasional digambarkan sebagai suatu proses pemikiran yang terlibat dalam menjana masalah dan penyelesaian supaya penyelesaian tersebut dipersembahkan dalam bentuk yang boleh dilaksanakan oleh ejen pemprosesan maklumat dengan efektif (Lee & Malyn-Smith, 2020; Niemela et al., 2017).

Seterusnya, definisi tersebut terus diubahsuai oleh Wing (2014, 2017) bahawa pemikiran komputasional merupakan suatu proses pemikiran yang terlibat dalam menjana masalah dan mengemukakan cara penyelesaian dengan efektif melalui pendekatan komputer – manusia dan mesin (Milicic et al., 2020; Sezer & Namukasa, 2021; Hadjerrouit & Hansen, 2020). Seiringan dengan itu, Barr dan Stephenson (2011) juga telah mengaitkan pemikiran komputasional dengan penggunaan komputer. Pemikiran komputasional didefinisikan sebagai suatu pendekatan pembelajaran matematik dalam menyelesaikan sesuatu masalah di mana ia boleh dilaksanakan dengan menggunakan komputer (Barr & Stephenson, 2011). Pendefinisian ini telah dirujuk oleh seorang pengkaji dalam kajian beliau yang berkaitan dengan program matematik secara atas talian (Columba, 2020). Pada masa yang sama, Kale et al. (2018) turut memberi definisi yang serupa dengan menyatakan bahawa pemikiran komputasional merupakan satu kemahiran kritikal bagi penyelesaian masalah yang berjaya berpandukan teknologi dan masyarakat yang kompleks (Maharani et al., 2019).

Sehubungan dengan itu, Huang et al. (2021) dan Chan et al. (2020) telah mendefinisikan pemikiran komputasional mengikut kurikulum komputasional di negara Singapura, iaitu suatu pendekatan menyelesaikan masalah yang melibatkan peniskalaan (*abstraction*), peleraian masalah (*decomposition*), pengecaman pola (*pattern recognition*) dan pemikiran algoritma (*algorithmic thinking*). Walaupun keempat-empat istilah tersebut tidak dinyatakan secara nyata dalam proses pengajaran dan pembelajaran matematik dalam kajian Huang et al. (2021), pemikiran komputasional telah dilaksanakan dan diajar secara tersirat. Hal ini adalah selaras dengan definisi pemikiran komputasional yang diutarakan oleh Ehsan et al. (2018) bahawa pemikiran komputasional merupakan suatu proses kognitif yang mengandungi beberapa konsep dan kemahiran yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah. Pada masa yang sama, didapati bahawa Papert (1980), Hoyles dan Noss (2015), Swaid (2015) dan Waterman (2020) juga telah mengemukakan definisi pemikiran komputasional yang serupa. Pendefinisian tersebut telah dirujuk oleh lima orang penyelidik dalam kajian masing-masing (Israel & Lash, 2019; Sunendar et al., 2020; Susanti & Taufik, 2021; Sinclair & Patterson, 2018**;** Miller, 2019). Sebagai tambahan, Chan et al. (2020) juga telah mendefinisikan pemikiran komputasional dengan merangkumi keempat-empat proses tersebut dalam kajian beliau.

Secara umumnya, didapati bahawa pendefinisian pemikiran komputasional yang diutarakan oleh Wing (2006, 2008, 2010, 2014, 2017), Huang et al. (2021), Papert (1980), Hoyles dan Noss (2015), Swaid (2015) serta Waterman (2020) mempunyai beberapa

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

persamaan dengan dari segi penggunaan istilah. Antaranya adalah istilah proses pemikiran, menjana masalah dan proses menyelesaikan masalah. Selain itu, pemikiran komputasional turut dikaitkan dengan ejen pemprosesan maklumat seperti sistem komputer atau manusia-mesin. Dengan kata yang lain, pemikiran komputasional melibatkan pendekatan komputer dalam proses menyelesaikan masalah yang diberikan. Oleh itu, pemikiran komputasional mempunyai ciri-ciri sistematik dan melibatkan pemprosesan maklumat yang tersusun.

Selain daripada empat istilah utama yang dinyatakan tersebut, Shelby dan Woollard (2013) telah menambah satu lagi komponen ke dalam definisi pemikiran komputasional, iaitu penilaian (*evaluation*). Dengan itu, terdapat lima istilah penting yang menjadi konsep penting dalam proses penyelesaian masalah dalam pemikiran komputasional pendidikan matematik. Pendefinisian pemikiran komputasional yang dikemukakan oleh Shelby dan Woollard (2013) telah digunakan oleh Abdullah et al. (2019) dan Rothman et al. (2020) dalam kajian yang berkaitan dengan perkembangan dan peningkatan pemikiran komputasional. Sebagai rumusan, pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik boleh didefinisikan sebagai suatu proses pemikiran yang terlibat dalam menjana masalah dan menyelesaikan masalah secara sistematik dan tersusun melalui pendekatan komputer. Antara empat pendekatan yang terlibat dalam pemikiran komputasional adalah peniskalaan (abstraction), peleraian masalah (decomposition), pengecaman pola (pattern recognition) dan pemikiran algoritma (algorithmic thinking).

Dalam bidang sains komputer, *Computer Science Teachers Association* (CSTA, 2016) juga telah mengemukakan definisi pemikiran komputasional berdasarkan enam konsep utama yang memfokuskan kepada penyelesaian masalah. Antaranya adalah penjanaan masalah, penyusunan logik dan penganalisisan data, peniskalaan (model dan simulasi), pemikiran algoritma, rumusan dan penilaian bagi keberkesanan dan ketepatan. Definisi pemikiran komputasional yang dikemukakan oleh CSTA (2016) telah dirujuk oleh Alotaibi dan Alyahya (2019) serta Da Silva Barbosa dan Maltempi (2019) dalam kajian masing-masing. Sementara itu, Ahmed et al. (2020) telah mendefinisikan pemikiran komputasional mengikut kurikulum negara Sweden, iaitu suatu kebolehan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah berdasarkan konsep asas dan teknik yang diperoleh dari bidang komputer sains. Hal ini adalah selaras dengan pendefinisian pemikiran komputasional yang dikemukakan oleh Wing (2006), di mana pemikiran komputasional dikaitkan dengan pemikiran kejuruteraan dalam proses menyelesaikan masalah pengaturcaraan dan pengekodan.

Seiringan dengan itu, didapati bahawa pendefinisian pemikiran komputasional yang dicadangkan oleh Bocconi et al. (2016, 2018) telah dirujuk oleh penyelidik dalam kajian yang melibatkan pemikiran komputasional dalam bidang pengaturcaraan dan matematik. Bocconi et al. (2016) telah mendefinisikan pemikiran komputasional sebagai suatu proses penyelesaian masalah yang melibatkan pemikiran logik untuk menyusun dan menganalisis data, mencari penyelesaian dan merumuskan serta memindahkan proses ini kepada masalah lain. Hal ini adalah selaras dengan definisi yang dikemukakan oleh Aho (2012) bahawa pemikiran komputasional sebagai suatu proses pemikiran yang terlibat dalam penjanaan masalah dan boleh dipersembahkan menerusi langkah komputasional dan algoritma (Valovičová, 2020). Definisi yang serupa juga diutarakan oleh Sung et al. (2017) bahawa pemikiran matematik adalah berkait rapat dengan pemikiran komputasional, di mana proses menyelesaikan masalah matematik melibatkan penganalisisan masalah yang unik dan merupakan asas kepada pengaturcaraan komputer (Sjöberg et al., 2018).

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Berdasarkan analisis dapatan, didapati bahawa wujudnya beberapa istilah pemikiran komputasional yang sama dalam pengintegrasian pendidikan matematik dengan bidang sains komputer. Antaranya adalah pendekatan penyelesaian masalah, peniskalaan, peleraian masalah, pengecaman pola, pemikiran algoritma. Oleh itu, boleh dirumuskan bahawa pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik yang telah diintegrasikan dengan sains komputer boleh didefinisikan sebagai pendekatan penyelesaian masalah yang melibatkan empat komponen utama, iaitu peniskalaan, peleraian masalah, pengecaman pola, pemikiran algoritma.

### 4.2. Reka bentuk kajian

Reka bentuk kajian merupakan satu rangka awal yang penting dan menjadi pelengkap dalam setiap kajian (Cohen et al., 2018). Reka bentuk kajian ini memberikan idea tentang prosedur perancangan awal kajian yang berkonsepkan pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik. Oleh itu, reka bentuk kajian merupakan asas perbincangan dalam bab metodologi yang menjadi tinjauan utama dalam kajian ini. Berdasarkan Jadual 4, kajian kes dengan kekerapan sebanyak 29 buah artikel (58%) merupakan reka bentuk kajian yang paling banyak digunakan dalam kajian sebelum ini. Hal ini demikian telah menunjukkan bahawa kekerapan kajian kes adalah melebihi separuh daripada jumlah 50 buah artikel. Seterusnya, hasil analisis tinjauan literatur juga mendapati reka bentuk tinjauan dan kajian eksperimen dengan catatan masing-masing sebanyak 7 buah artikel (14%) diikuti dengan kajian berasaskan reka bentuk sebanyak 5 buah artikel (10%) dan kajian korelasi dengan rekod 2 buah artikel (4%).

Jadual 4: Kekerapan dan peratusan reka bentuk kajian

| Reka Bentuk Kajian | Kekerapan | Peratusan |
|---|---|---|
| Kajian Kes | 29 | 58% |
| Kajian Tinjauan | 7 | 14% |
| Kajian Eksperimen | 7 | 14% |
| Kajian Berasaskan Reka Bentuk | 5 | 10% |
| Kajian Korelasi | 2 | 4% |
| Jumlah | 50 | 100% |

Setiap kajian memiliki reka bentuk kajian tersendiri yang menjadi panduan utama semasa menjalankan kajian. Secara amnya, kebanyakan artikel mempraktikkan kajian kes bagi melihat sesuatu fenomena yang realistik berlaku dari aspek konsep pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik. Misalnya, kajian Stigberg dan Stigberg (2019) telah melaksanakan kajian kes ke atas guru matematik bagi melihat cara guru matematik mengintegrasikan pemikiran komputasional dalam matematik. Pada masa yang sama, Sunendar et al. (2019) juga menjalani kajian kes bagi membincangkan keupayaan pemikiran komputasional dalam kalangan murid melalui kursus permodelan matematik. Melalui reka bentuk kajian kes, matematik yang berasaskan pemikiran komputasional dapat diterangkan dengan lebih mendalam berpandukan kepada kejadian yang sebenar.

Selain itu, reka bentuk tinjauan pula juga tidak kurang pentingnya dalam kajian bidang matematik dengan pemikiran komputasional. Kajian reka bentuk tinjauan menumpu dalam mengkaji persepsi guru atau murid dari segi pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik. Contohnya, kajian Sırakaya (2020) ingin mengkaji kemahiran pemikiran komputasional dan sikap terhadap matematik dalam kalangan murid sekolah menengah. Sebaliknya, terdapat kajian reka bentuk tinjauan juga berfokus dalam

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

meninjau dokumen seperti kurikulum dan rancangan pengajaran bagi subjek matematik yang mengintegrasikan komponen pemikiran komputasional. Misalnya, kajian Dias dan Santos (2020) bertujuan menganalisis kurikulum matematik manakala kajian Rich et al. (2020b) meninjau rancangan pengajaran guru matematik di mana kedua-dua kajian melibatkan pengintegrasian pemikiran komputasional. Dengan reka bentuk tinjauan, pengkaji berupaya meninjau pandangan guru matematik atau murid serta dokumen dalam konteks pemikiran komputasional dan bidang matematik.

Di samping itu, kajian eksperimen pula lebih memfokuskan kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan yang bertujuan mengkaji sama ada sesuatu idea atau intervensi pemikiran komputasional memberi kesan ke atas pendidikan matematik. Secara amnya, terdapat dua jenis reka bentuk eksperimen dipraktikkan dalam kajian iaitu, eksperimen benar dan kuasi eksperimen. Dalam kajian eksperimen benar Isabelle et al. (2019), mereka telah menyelidik kesan pemikiran komputasional dan robotik terhadap pembelajaran matematik dalam kalangan murid yang diagihkan secara rawak. Sebaliknya, kajian kuasi eksperimen Chan et al. (2020) bertujuan mengkaji keberkesanan pengintegrasian pemikiran komputasional ke dalam kelas matematik dalam kalangan murid yang tidak dipilih secara rawak. Melalui kajian eksperimen ini, keberkesanan penerapan pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik dapat dilihat dengan lebih berkesan dengan adanya kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan.

Seterusnya, kajian berasaskan reka bentuk lebih berfokus kepada pengujian intervensi yang berlandaskan pemikiran komputasional ke arah penambahbaikan amalan pengajaran guru matematik. Sebagai contoh, kajian Ivana den Hartogh (2020) dijalankan untuk mengkaji cara yang menyokong pembelajaran murid dalam perkembangan pemikiran komputasional dengan kemahiran matematik. Pada masa yang sama, kajian Cui dan Ng (2020) pula mengkaji cabaran murid dalam penyelesaian masalah matematik berpandukan kepada kerangka pemikiran komputasional. Kajian berasaskan reka bentuk sedemikian membolehkan guru matematik menggabungjalinkan instruksi matematik dengan pemikiran komputasional ke arah pengajaran yang lebih berkualiti dan berkesan.

Sementera itu, reka bentuk kajian korelasi juga dapat dilihat dalam hasil analisis literatur. Secara umumnya, reka bentuk kajian korelasi bermatlamat untuk mengkaji hubungan antara pemboleh ubah. Dalam konteks kajian pemikiran komputasional, reka bentuk kajian korelasi digunakan untuk menguji hubungan antara pemikiran komputasional dengan bidang matematik. Misalnya, kajian Alotaibi dan Alyahya (2019) yang dijalankan bertujuan untuk menguji hubungan antara kemahiran pemikiran komputasional dengan pencapaian ujian matematik dalam *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS). Reka bentuk kajian korelasi ini dapat menunjukkan impak setiap kemahiran dalam kerangka pemikiran komputasional terhadap pendidikan matematik.

### 4.3. Pendekatan kajian

Pendekatan kajian merupakan pelan dalam sesuatu kajian bagi mendalami setiap prosedur kajian yang dijalankan (Cohen et al., 2018). Pemilihan pendekatan kajian yang bersesuaian dengan skop dan bidang kajian pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik dapat meningkatkan keberkesanan perlaksanaan kajian dan membolehkan kajian dijalankan secara sistematik. Pendekatan kualitatif yang bersifat induktif lebih menjurus dalam perkataan untuk memahami sesuatu konsep, pemikiran atau pengalaman. Pendekatan kuantitatif pula yang bersifat deduktif lebih berfokus kepada persembahan nombor dan graf untuk menguji dan mengesahkan sesuatu teori atau

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

andaian. Sementara itu, pendekatan gabungan pula menggabungkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dengan tujuan mengukuhkan hasil dapatan sesama pendekatan tersebut (Cohen et al., 2018). Berdasarkan analisis yang dilakukan sebanyak 37 buah artikel (74%) mempraktikkan pendekatan kualitatif dengan catatan yang tertinggi diikuti dengan pendekatan kuantitatif sebanyak 11 buah artikel (22%) dan pendekatan gabungan dengan rekod 2 buah artikel (4%). Hasil analisis ini telah menunjukkan bahawa kekerapan bagi kajian yang menggunakan pendekatan kualitatif adalah melebihi separuh daripada jumlah 50 buah artikel. Jadual 5 menunjukkan analisis kekerapan dan peratusan bagi setiap jenis pendekatan kajian yang terlibat dalam kajian ini.

Jadual 5: Kekerapan dan peratusan pendekatan kajian

| Pendekatan | Kekerapan | Peratusan |
|---|---|---|
| Kualitatif | 37 | 74% |
| Kuantitatif | 11 | 22% |
| Gabungan | 2 | 4% |
| Jumlah | 50 | 100% |

Setiap pendekatan memberikan hasil dapatan yang berbeza berpandukan kepada konteks kajian masing-masing. Dalam pendekatan kualitatif, hasil dapatan adalah lebih bersifat kualiti yang bertujuan untuk merumuskan teori, meningkatkan kefahaman dan menghuraikan sesuatu kejadian (Cohen et al., 2018). Oleh itu, perbincangan pemikiran komputasional lebih berteraskan penerokaan idea dalam pendidikan matematik. Contohnya, kajian Hadjerrouit dan Hansen (2020) yang bertujuan untuk meneroka pengalaman murid dalam penyelesaian masalah matematik melalui pemikiran komputasional dan pengaturcaraan secara teoritikal. Pada masa yang sama, kajian Pei et al. (2018) pula mengaplikasikan pemikiran komputasional ke dalam amalan pembelajaran matematik murid melalui reka bentuk *Lattice Land*. Penerapan model pemikiran komputasional sedemikian membolehkan pengubahsuaian ke arah yang lebih baik dalam instruksi matematik.

Bagi pendekatan kuantitatif pula, hasil dapatan adalah bersifat kuantiti yang bermatlamat untuk menguji teori, hubungan dan perbezaan sesuatu kejadian (Cohen et al., 2018). Sehubungan dengan itu, kerangka pemikiran komputasional digalakkan untuk diuji dalam pendidikan matematik dengan lebih meluas. Misalnya, kajian Nessa dan Nugraha (2019) bertujuan untuk mengkaji hubungan antara pemikiran komputasional dan keupayaan celik nombor dalam kalangan murid. Sebaliknya kajian Sung et al. (2017) pula menyelidik perbezaan perspektif pemikiran komputasional ke atas pelbagai darjah pelaksanaan aktiviti dalam pencapaian matematik murid. Pengujian sedemikian boleh melihat impak konsep pemikiran komputasional terhadap pembelajaran matematik dengan terperinci.

Sebaliknya, pendekatan gabungan pula dilihat dapat memberikan gambaran dan kefahaman yang lebih meluas, mendalam dan bermakna dalam sesuatu fenomena bagi menjawab persoalan kajian yang lebih kompleks (Cohen et al., 2018). Melalui pendekatan gabungan, pengumpulan data, penganalisisan data dan interpretasi data dilaksanakan secara kuantitatif dan kualitatif. Lantaran itu, kajian pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik dapat memberikan maklumat yang lebih jitu. Sebagai contoh, kajian Niemela et al. (2017) bertujuan meneroka cara guru matematik untuk mengintegrasikan kemahiran pemikiran komputasional dalam pengajaran melalui penulisan esei dan soal selidik. Walaupun kajian ini mempraktikkan pendekatan gabungan, namun hasil dapatan yang dianalisis adalah lebih dominan kepada pendekatan

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

kuantitatif. Sebaliknya, kajian Bouck et al. (2021) pula bermatlamat untuk meneroka pendedahan pemikiran komputasional kepada guru pelatih dalam pengajaran matematik melalui rancangan pengajaran dan penulisan refleksi. Penganalisisan hasil dapatan kajian ini pula lebih dominan kepada pendekatan kualitatif.

### 4.4. Kaedah pengumpulan data

Penggunaan kaedah pengumpulan data yang bertepatan dengan konteks kajian menyumbang kepada hasil dapatan yang berfokus ke arah menjawab persoalan kajian dengan lebih efektif. Oleh itu, melalui kaedah pengumpulan data yang sesuai, pemikiran komputasional dalam kajian pendidikan matematik dapat memberi gambaran yang tepat kepada pembaca. Berdasarkan Jadual 6, terdapat enam kaedah pengumpulan data yang dipraktikkan dalam kajian pemikiran komputasional dan pendidikan matematik iaitu, analisis dokumen, analisis hasil kerja, pemerhatian, soal selidik, temu bual dan ujian.

Jadual 6: Kekerapan dan peratusan kaedah pengumpulan data

| Kaedah Pengumpulan data | Kekerapan | Peratusan |
|---|---|---|
| Analisis dokumen | 6 | 12% |
| Analisis dokumen, pemerhatian | 2 | 4% |
| Analisis dokumen, pemerhatian, soal selidik | 2 | 4% |
| Analisis dokumen, pemerhatian, temu bual | 2 | 4% |
| Analisis dokumen, temu bual | 2 | 4% |
| Analisis hasil kerja | 1 | 2% |
| Analisis hasil kerja, pemerhatian | 6 | 12% |
| Analisis hasil kerja, pemerhatian, temu bual | 2 | 4% |
| Analisis hasil kerja, soal selidik | 1 | 2% |
| Analisis hasil kerja, temu bual | 3 | 6% |
| Analisis hasil kerja, ujian | 5 | 10% |
| Pemerhatian | 3 | 6% |
| Pemerhatian, temu bual | 3 | 6% |
| Pemerhatian, ujian | 2 | 4% |
| Soal selidik | 4 | 8% |
| Soal selidik, ujian | 3 | 6% |
| Temu bual | 2 | 4% |
| Ujian | 1 | 2% |
| Jumlah | 50 | 100% |

Dari segi kekerapan yang tertinggi, kajian yang mengaplikasikan kaedah analisis dokumen serta gabungan kaedah analisis hasil kerja dengan kaedah pemerhatian masing-masing mencapai rekod 6 buah artikel (12%) dalam kajian pendidikan matematik yang berkonsepkan pemikiran komputasional. Dengan perbezaan sebuah artikel, terdapat 5 buah artikel (10%) yang mengadaptasikan gabungan kaedah analisis hasil kerja dengan kaedah ujian diikuti dengan kaedah soal selidik dengan rekod 4 buah artikel (8%). Hasil dapatan bagi kaedah pengumpulan data yang selebihnya adalah kurang daripada empat buah di mana kesemuanya menunjukkan perbezaan satu hingga dua buah artikel sahaja seperti mana yang ditunjukkan dalam Jadual 6.

Dari aspek bilangan jenis kaedah pengumpulan data, hasil analisis literatur mendapati bahawa sebanyak 27 buah artikel (54%) menggunakan dua jenis kaedah pengumpulan data dalam kajian masing-masing dengan catatan kekerapan yang tertinggi. Seterusnya, terdapat 17 buah artikel (34%) yang menggunakan sejenis kaedah pengumpulan data dan diikuti dengan 6 buah artikel (12%) yang mempraktikkan tiga jenis kaedah pengumpulan

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

data dalam kajian pemikiran komputasional pendidikan matematik. Hal ini demikian menunjukkan bahawa kebanyakan kajian pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik mengaplikasikan lebih daripada satu jenis kaedah pengumpulan data bagi mendapatkan hasil dapatan yang lebih kukuh dan jitu.

Dalam bahagian metodologi, pemilihan kaedah pengumpulan data bagi setiap kajian juga amat dititikberatkan agar hasil dapatan kaya dengan maklumat yang boleh dipercayai. Lebih-lebih lagi, setiap kaedah pengumpulan data mempunyai instrumen yang tersendiri membekalkan data mengikut objektif kajian masing-masing yang ingin dicapai. Oleh itu, dalam kajian pendidikan matematik yang berasaskan pemikiran komputasional, analisis dokumen dapat dilihat di mana terdapat kajian menggunakan rancangan pengajaran matematik dan kurikulum matematik sebagai instrumen kajian (Ahmed et al., 2020; Bouck et al., 2021; Ehsan et al., 2018; Israel & Lash, 2019; Maharani et al., 2019; Rich et al., 2020a; Rich et al., 2020b). Sebaliknya, analisis hasil kerja pula lebih kepada produk yang dihasilkan seperti data pengaturcaraan atau pemprosesan daripada perisian yang membabitkan pemikiran komputasional dan konsep matematik (Brating & Kilhamn, 2020; Hadjerrouit & Hansen, 2020; Kaufmann & Stense, 2020; Ng & Cui, 2020; Ng & Cui, 2021; Sezer & Namukasa, 2021; Sjoberg et al., 2018; Sung et al., 2017). Sehubungan dengan itu, melalui analisis dokumen dan analisis hasil kerja, satu gambaran yang holistik dapat ditunjukkan bagi membuat penilaian ke atas pengetahuan dan kemahiran dari segi pemikiran komputasional dan konsep matematik dalam kalangan guru dan murid.

Selain itu, pemerhatian juga tidak kurang pentingnya dalam kajian pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik. Selain analisis hasil kerja yang dilakukan, pengkaji juga membuat pemerhatian semasa aktiviti pembelajaran dijalankan dengan menggunakan senarai semak pemerhatian atau rakaman video. Misalnya, Chookaew et al. (2020) telah menjalankan kajian tentang pemikiran komputasional murid melalui aktiviti pembelajaran berasaskan robot yang melibatkan elemen sains, teknologi, kejuruteraan dan matematik (STEM). Pengkaji telah menjalankan pemerhatian ke atas projek robot yang dicipta oleh murid dengan menggunakan senarai semak pemerhatian bagi tujuan penilaian. Sebaliknya, kajian Ohland et al. (2019) pula membuat rakaman video sebagai pemerhatian ke atas peranan ibu bapa semasa menerapkan pemikiran komputasional dalam kalangan anak murid. Kaedah pemerhatian sedemikian membolehkan pengkaji mengamati sesuatu tingkah laku yang jitu secara langsung. Sungguhpun begitu, kesemua kajian yang mempraktikkan kaedah pemerhatian tidak menerangkan jenis pemerhatian yang digunakan. Oleh itu, dicadangkan jenis pemerhatian boleh dijelaskan dengan lebih teliti agar pembaca berupaya lebih memahami peranan pengkaji dalam setiap kajian yang dijalankan.

Di samping itu, soal selidik selalu digunakan untuk menyelidik afektif, persepsi dan sikap terhadap pemikiran komputasional. Kebanyakan kajian mempraktikkan soalan tertutup dalam bentuk skala Likert dan soalan terbuka (Rodríguez-Martínez et al., 2019; Yadav et al., 2014). Majoriti soal selidik ditadbirkan ke atas guru (Abdullah et al., 2019; Niemelä et al., 2017) dan murid (Alotaibi & Alyahya, 2019; Sırakaya, 2020) tentang persepsi mereka terhadap pemikiran komputasional semasa pengajaran dan pembelajaran matematik. Walaupun soal selidik sering digunakan untuk mendapatkan responds dari segi afektif, namun terdapat kajian yang menggunakan soal selidik untuk memperoleh dapatan berbentuk kognitif tentang kemahiran pemikiran komputasional. Contohnya, kajian Reichert et al. (2020) mempraktikkan soal selidik jenis soalan terbuka untuk mengenal pasti cara guru matematik membuat penerapan konsep pemikiran komputasional dalam pengajaran. Soal selidik yang sering digunakan dalam kebanyakan kajian memudahkan

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

pengumpulan data bagi saiz sampel yang besar. Sungguhpun begitu, penggunaan soal selidik untuk melihat persepsi murid peringkat rendah adalah kurang sesuai atas sebab kefahaman mereka yang rendah terhadap soalan yang ditanya. Lantaran itu, dicadangkan soal selidik boleh digabungkan dengan kaedah pengumpulan yang lain bagi memahami pemikiran komputasional murid dengan lebih mendalam.

Seterusnya, temu bual yang dijalankan adalah untuk mendapatkan kefahaman tentang kemahiran pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik melalui komunikasi secara verbal dengan protokol tertentu. Kebanyakan kajian mempraktikkan temu bual separa berstruktur agar soalan formal yang telah dibina membolehkan pengkaji berpeluang menyoal dengan lebih mendalam dengan jawapan yang diberikan oleh peserta kajian (Pei et al., 2018; Rich et al,. 2019; Stigberg & Stigberg, 2019). Semasa temu bual dijalankan, pengkaji membuat rakaman audio bagi memudahkan penganalisisan data verbal yang boleh dimainkan semula. Penggunaan temu bual adalah untuk meneroka masalah ketidaktentuan peserta kajian mengembangkan dan mengaplikasikan pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik. Misalnya, kajian Huang et al. (2021) pemikiran komputasional dalam pengajaran matematik. Oleh itu, kajian tersebut menganalisis hasil dapatan daripada temu bual melalui pengekodan. Walaupun kaedah temu bual boleh memperoleh maklumat yang banyak dan mendalam, namun kos yang tinggi dan masa yang banyak digunakan semasa temu bual dan pengekodan data adalah tidak dapat dielakkan.

Seterusnya, ujian juga tidak terkecuali dalam kajian pendidikan matematik yang berteraskan pemikiran komputasional. Kaedah ujian yang diaplikasikan lebih berfokus penilaian dalam bentuk soalan terbuka untuk melihat jalan kerja yang dilakukan oleh responden kajian (Chan et al., 2020; Miller, 2019; Nessa & Nugraha, 2019). Kebanyakan ujian yang dipraktikkan dapat dilihat dalam kajian eksperimen benar dan kuasi eksperimen. Ia melibatkan ujian pra dan ujian pos bagi melihat keberkesanan penerapan konsep pemikiran komputasional dalam pembelajaran matematik. Contohnya, kajian Costa et al. (2017) menganalisis pengaruh penerapan pemikiran komputasional dalam pembelajaran penyelesaian masalah matematik melalui ujian ke atas murid. Sebaliknya, kajian Rodríguez-Martínez et al. (2019) pula menguji pengaruh penggunaan pengaturcaraan *Scratch* terhadap pemikiran komputasional dan pengetahuan matematik dalam kalangan murid. Sehubungan dengan itu, dengan kaedah ujian yang dilaksanakan dalam kajian, proses pemikiran kognitif dari aspek pemikiran komputasional dapat ditaksir dengan berkesan.

### 4.5. Cadangan Kajian Lanjutan

Sehubungan dengan itu, dicadangkan bahawa pengkaji boleh mempertimbangkan kriteria yang perlu diambil kira semasa merancang pelaksanaan kajian pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik, iaitu (a) reka bentuk kajian yang menumpu kepada pengintegrasian pemikiran komputasional ke dalam pendidikan matematik melalui kajian berasaskan reka bentuk atau hubungan antara pemikiran komputasional dengan pendidikan matematik melalui kajian korelasi; (b) pendekatan gabungan yang membekalkan data kualitatif dan data kuantitatif yang lebih meluas bagi membincangkan konsep pemikiran komputasional dengan pendidikan matematik secara terperinci; serta (c) kaedah pengumpulan data yang pelbagai dengan pembinaan instrumen yang dapat mengukur pemikiran komputasional dalam kalangan guru matematik dan murid.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

## 5. Kesimpulan

Memang tidak dapat dinafikan bahawa terdapat pelbagai definisi dan istilah pemikiran komputasional telah yang dikemukakan oleh para penyelidik, terutamanya dalam kajian penyelidikan pemikiran komputasional pendidikan matematik. Dengan itu, kajian ini diharapkan dapat memberi gambaran yang jelas tentang istilah dan kata kunci pendefinisian pemikiran komputasional dalam pendidikan matematik kepada para penyelidik dalam kajian masa hadapan. Sehubungan itu, kajian pemikiran komputasional adalah kompleks dan memerlukan prosedur pelaksanaan yang sistematik. Lebih-lebih lagi, konsep pemikiran komputasional yang digabungjalinkan dalam kajian pendidikan matematik menambahkan lagi cabaran semasa menjalankan kajian. Kajian sedemikian memerlukan pemilihan dan penetapan reka bentuk kajian, pendekatan kajian dan kaedah pengumpulan data yang sesuai dengan konteks kajian. Oleh yang demikian, kajian ini diharapkan dapat memberi implikasi dan gambaran awal kepada pengkaji dari segi cara pelaksanaan kajian pendidikan matematik yang berkonsepkan pemikiran komputasional dengan lebih efektif.

## Penghargaan (*Acknowledgement*)

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kerjasama dalam menjayakan kajian ini, tidak kira sama ada secara langsung atau tidak langsung.

## Kewangan (*Funding*)

Kajian dan penerbitan ini tidak menerima sebarang tajaan atau bantuan kewangan.

## Konflik Kepentingan (*Conflict of Interests*)

Para penulis tidak mempunyai konflik kepentingan dalam menjalankan kajian dan penerbitan artikel ini.

## Rujukan

Abdullah, A. H., Othman, M. A., Ismail, N., Rahman, S. N. S. A., Mokhtar, M., & Zaid, N. M. (2019). Development of mobile application for the concept of pattern recognition in computational thinking for mathematics subject. *TALE 2019 - 2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education*. https://doi.org/10.1109/TALE48000.2019.9225910

Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Adewumi, S. (2019). A systematic review of computational thinking approach for programming education in higher education institutions. *Proceedings of the 19th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 12, 1–10. https://doi.org/10.1145/3364510.3364521

Ahmed, G., Nouri, J., Zhang, L., & Noren, E. (2020). Didactic methods of integrating programming in mathematics in primary school findings from a swedish national project. *Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE*, *February*, 261–267. https://doi.org/10.1145/3328778.3366839

Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *Computer Journal*, *55*(7), 833–835. https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

Alotaibi, A., & Alyahya, D. (2019). Computational thinking skills and its impact on TIMSS achievement: An instructional design approach. *Issues and Trends in Educational Technology*, *7*(1), 3–19. https://doi.org/10.2458/azu_itet_v7i1_alyahya

Barcelos, T. S., Munoz, R., Villarroel, R., Merino, E., & Silveira, I. F. (2018). Mathematics learning through computational thinking activities: A systematic literature review. *Journal of Universal Computer Science*, *24*(7), 815–845.

Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, *2*(1), 48–54. https://doi.org/10.1145/1929887.1929905

Bocconi, S., Chioccariello, A., & Earp, J. (2018). The nordic approach to introducing computational thinking and programming in compulsory education. *Report prepared for the Nordic@BETT2018 Steering Group*, 42.

Bocconi, S., Chioccariello, A., Giulliana, D., Anusca, F., & Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education – Implications for policy and practice* (S. Kampylis & Y. Punie (محررين)). https://doi.org/10.2791/792158

Bouck, E. C., Sands, P., Long, H., & Yadav, A. (2021). Preparing special education preservice teachers to teach computational thinking and computer science in mathematics. *Teacher Education and Special Education*, *44*(3), 221–238. https://doi.org/10.1177/0888406421992376

Brating, K., & Kilhamn, C. (2021). Exploring the intersection of algebraic and computational thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, *23*(2), 170–185. https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1779012

Chan, S. W., Looi, C. K., Ho, W. K., Huang, W., Seow, P., Wu, L., & Kim, M. S. (2020). Computational thinking activities in number patterns: A study in a Singapore secondary school. *ICCE 2020 - 28th International Conference on Computers in Education, Proceedings*, *1*(November), 171–176.

Chookaew, S., Howimanporn, S., & Hutamarn, S. (2020). Investigating students' computational thinking through STEM robot-based learning activities. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, *5*(6), 1366–1371. https://doi.org/10.25046/aj0506164

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education*. Edisi ke-8. London: Routledge.

Columba, L. (2020). Computational thinking using the first in math® online program. *Mathematics Teaching-Research Journal*, *12*(1), 45–57.

Costa, E. J. F., Campos, L. M. R. S., & Guerrero, D. D. S. (2017). Computational thinking in mathematics education: A joint approach to encourage problem-solving ability. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, *2017-Octob*, 1–8. https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190655

CSTA. (2016). K12. Computer Science Standards 2016. https://cdn.ymaws.com/www.csteachers.org/resource/resmgr/Docs/Standards/2016StandardsRevision/INTERIM_StandardsFINAL_07 222.pdf

Cui, Z., & Ng, O. L. (2020). The interplay between mathematical and computational thinking in primary school students' mathematical problem-solving within a programming environment. *Journal of Educational Computing Research*, 1–32. https://doi.org/10.1177/0735633120979930

Da Silva Barbosa, L. L., & Maltempi, M. V. (2019). Recognizing possibilities of computational tinking when teaching first-degree equations. *ACM International Conference Proceeding Series*, 57–64. https://doi.org/10.1145/3311/0890.3311898

de Oliveira Dias, M., & Santos, L. (2020). Comparative study on current recommendations on technologies for the teaching of mathematics in Brazil and Portugal. *Acta*

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

*Scientiae*, *22*(6), 65–88. https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.6002

DeVaney, S. A., Spangler, A., Lee, Y. A., & Delgadillo, L. (2018). Tips from the experts on conducting and reviewing qualitative research. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, *46*(4), 396–405. https://doi.org/10.1111/fcsr.12264

Ehsan, H., Dandridge, T. M., Yeter, I. H., & Cardella, M. E. (2018). *K-2 students' computational thinking engagement in formal and informal learning settings: A case study (fundamental)*. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2018-June. https://doi.org/10.18260/1-2--30743

Fagerlund, J., Häkkinen, P., Vesisenaho, M., & Viiri, J. (2021). Computational thinking in programming with Scratch in primary schools: A systematic review. *Computer Applications in Engineering Education*, *29*(1), 12–28. https://doi.org/10.1002/cae.22255

Filzah Zahilah, M. Z., Su, L. W., & Mohd Ridzwan, Y. (2019). A review of common features incomputational thinking frameworks in K-12 education. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *551*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/551/1/012063

Hadjerrouit, S., & Hansen, N. K. (2020). Students engaging in mathematical problem-solving through computational thinking and programming activities: A synthesis of two opposite experiences. *17th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age, CELDA 2020*, 91–98. https://doi.org/10.33965/celda2020_202014l012

Hoyles, C., & Noss, R. (2015). *Revisiting programming to enhance mathematics learning.* Paper presented at the Math + Coding Symposium, Western University.

Huang, W., Chan, S. W., & Looi, C. K. (2021). Frame Shifting as a Challenge to Integrating Computational Thinking in Secondary Mathematics Education. *SIGCSE 2021 - Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, *March*, 390–396. https://doi.org/10.1145/3408877.3432400

Isabelle, S. M. L., Andrade, W. L., & Livia, S. M. R. (2019). Analyzing the effect of computational thinking on mathematics through educational robotics. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, *2019-Octob*, 1–7. https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028384

Israel, M., & Lash, T. (2020). From classroom lessons to exploratory learning progressions: mathematics + computational thinking. *Interactive Learning Environments*, *28*(3), 362–382. https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674879

Ivana den Hartogh. (2020). Supporting students' computational thinking and mathematical thinking in the mathematics classroom. *Mathematical Thinking and Learning*.

Kale, U., Akcaoglu, M., Cullen, T., Goh, D., Devine, L., Calvert, N., & Grise, K. (2018). Computational what? Relating computational thinking to teaching. *TechTrends*, *62*(6), 574–584. https://doi.org/10.1007/s11528-018-0290-9

Kallia, M., van Borkulo, S. P., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. (2021). Characterising computational thinking in mathematics education: A literature-informed Delphi study. *Research in Mathematics Education*, 23(2), 159–187. https://doi.org/10.1080/14794802.2020.1852104

Kaufmann, O. T., & Stenseth, B. (2020). Programming in mathematics education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *5211*. https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1736349

Kementerian Pendidikan Malaysia. (2018). Dokumen standard kurikulum dan pentaksiran Matematik tahun 4.

Lee, I., & Malyn-Smith, J. (2020). Computational thinking integration patterns along the framework defining computational thinking from a disciplinary perspective. *Journal*

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

*of Science Education and Technology*, *29*(1), 9–18. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09802-x

Maharani, S., Kholid, M. N., Pradana, L. N., & Nusantara, T. (2019). Problem solving in the context of computational thinking. *Infinity Journal*, 8(2), 109-116. https://doi.org/10.22460/infinity.v8i2.p109-116

Milicic, G., Wetzel, S., & Ludwig, M. (2020). Generic tasks for algorithms. *Future Internet*, *12*(9). https://doi.org/10.3390/FI12090152

Miller, J. (2019). STEM education in the primary years to support mathematical thinking: Usingcoding to identify mathematical structures and patterns. *The International Journal on Mathematics Education*, *51*(6), 915–927.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *J. Clin. Epidemiol*, 62, 1006–1012. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.005

Mouza, C., Yang, H., Pan, Y. C., Yilmaz Ozden, S., & Pollock, L. (2017). Resetting educational technology coursework for pre-service teachers: A computational thinking approach to the development of technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Australasian Journal of Educational Technology*, *33*(3), 61–76. https://doi.org/10.14742/ajet.3521

Nessa, W., & Nugraha, Y. S. (2019). Relationship between computational thinking and number sense ability among fifth-grade students in Bandung Indonesia. *PEOPLE: International Journal of Social Sciences*, *5*(3), 224–232. https://doi.org/10.20319/pijss.2019.53.224232

Niemelä, P., Partanen, T., Harsu, M., Leppänen, L., & Ihantola, P. (2017). C*omputational thinking as an emergent learning trajectory of mathematics*. ACM International Conference Proceeding Series, September 2018, 70–79. https://doi.org/10.1145/3141880.3141885

Ng, O. L., & Cui, Z. (2020). Examining primary students' mathematical problem-solving in a programming context: Towards computationally enhanced mathematics education. *ZDM - Mathematics Education*, *0123456789*. https://doi.org/10.1007/s11858-020-01200-7

Niemela, P., Partanen, T., Harsu, M., Leppänen, L., & Ihantola, P. (2017). Computational thinking as an emergent learning trajectory of mathematics. *ACM International Conference Proceeding Series*, *September 2018*, 70–79. https://doi.org/10.1145/3141880.3141885

Nor, W., Wan, A., Ahmad, W., & Wan, J. (2020). A systematic review of learning theory on computational thinking. *Journal of Human Development and Communication*, *9*(February), 11–22.

Ohland, C., Ehsan, H., & Cardella, M. E. (2019). Parental influence on children's computational thinking in an informal setting (fundamental research). *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. https://doi.org/10.18260/1-2--33157

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Computers, children, and powerful ideas*. Basic Books.

Pei, C. Y., Weintrop, D., & Wilensky, U. (2018). Cultivating computational thinking practices and mathematical habits of mind in Lattice Land. *Mathematical Thinking and Learning*, *20*(1), 75–89. https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1403543

Reichert, J. T., Couto Barone, D. A., & Kist, M. (2020). Computational thinking in K-12: An analysis with mathematics teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *16*(6). https://doi.org/10.29333/EJMSTE/7832

Rich, K. M., Spaepen, E., Strickland, C., & Moran, C. (2020a). Synergies and differences in mathematical and computational thinking: implications for integrated instruction. *Interactive Learning Environments*, *28*(3), 272–283.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1612445
Rich, K. M., Yadav, A., & Schwarz, C. V. (2019). Computational thinking, Mathematics, and Science: Elementary Teachers'. *Journal of Technology and Teacher Education*, *27*(2), 165–205.
Rich, K. M., Yadav, A., & Larimore, R. A. (2020b). Teacher implementation profiles for integrating computational thinking into elementary mathematics and science instruction. *Education and Information Technologies*, *25*(4), 3161–3188. https://doi.org/10.1007/s10639-020-10115-5
Rodríguez-Martínez, J. A., González-Calero, J. A., & Sáez-López, J. M. (2020). Computational thinking and mathematics using Scratch: An experiment with sixth-grade students. *Interactive Learning Environments*, *28*(3), 316–327. https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1612448
Rogers, S. (2020). A Literature review for the implementation of computational thinking for Ontario K-12 classrooms. *Major Papers*, 150.
Rothman, W., de la Harpe, A., & Cronje, J. (2020). A framework for the development and improvement of computational thinking for high school learners using a programming language and learner management system. *Independent Journal of Teaching and Learning*, *15*(2), 121–140.
Sezer, H. B., & Namukasa, I. K. (2021). Real-world problems through computational thinking tools and concepts: the case of coronavirus disease (COVID-19). *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, *14*(1), 46–64. https://doi.org/10.1108/jrit-12-2020-0085
Shaffril, H. A., Samsuddin, S. F., & Samah, A. A. (2020). The ABC of systematic literature review: the basic methodological guidance for beginners. *Quality & Quantity*, 1-28. https://doi.org/10.1007/s11135-020-01059-6
Shelby, C., & Woollard, J. (2013). *The developing concept of "computational thinking"*. *2013*. http://eprints.soton.ac.uk/401033/1/161002TableofC%26CT.pdf
Shoaib, H., & Brophy, S. P. (2020). A systematic literature-based perspective towards learning and pedagogy of computational thinking. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, *2020-June*.
Sinclair, N., & Patterson, M. (2018). The Dynamic Geometrisation of Computer Programming. *Mathematical Thinking and Learning, 20*(1), 54–74. https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1403541
Sırakaya, D. A. (2020). Investigating computational thinking skills based on different variables and determining the predictor variables. *Participatory Educational Research*, *7*(2), 102–114. https://doi.org/10.17275/per.20.22.7.2
Sjöberg, C., Nouri, J., Sjöberg, R., Norén, E., & Zhang, L. (2018). *Teaching and learning mathematics in primary school through Scratch*. International Conference on Education and New Learning Technologies.
Stigberg, H., & Stigberg, S. (2020). Teaching programming and mathematics in practice: A case study from a Swedish primary school. *Policy Futures in Education*, *18*(4), 483–496. https://doi.org/10.1177/1478210319894785
Sunendar, A., Santika, S., Supratman, & Nurkamilah, M. (2020). The analysis of mathematics students' computational thinking ability at universitas siliwangi. *Journal of Physics: Conference Series*, *1477*(4). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/4/042022
Sung, W., Ahn, J., & Black, J. B. (2017). Introducing computational thinking to young learners: practicing computational perspectives through embodiment in mathematics education. *Technology, Knowledge and Learning*, *22*(3), 443–463. https://doi.org/10.1007/s10758-017-9328-x
Susanti, R. D., & Taufik, M. (2021). Analysis of student computational thinking in solving

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

social statistics problems. *SJME (Supremum Journal of Mathematics Education)*, *5*(1), 22–31.

Swaid, S. I. (2015). Bringing computational thinking to STEM education. *Procedia Manufacturing*, *3*(Ahfe), 3657–3662. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.761

Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking : A systematic review of empirical studies computers & education assessing computational thinking. *Computers & Education*, *148*(April), 103798. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798

Thian, J. L., & Mohd Effendi, @ E. M. M. (2021). The use of information and communication technology in the teaching and learning of mathematics: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, *11*(1), 45-59. https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol11.1.5.2021

Tikva, C., & Tambouris, E. (2021). Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature review. *Computers and Education*, *162*, 104083. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104083

Valovičová, L., Ondruška, J., Zelenický, L., Chytrý, V., & Medová, J. (2020). Enhancing computational thinking through interdisciplinary STEAM activities using tablets. *Mathematics*, *8*(12), 1–15. https://doi.org/10.3390/math8122128

Waterman, K. P., Goldsmith, L., & Pasquale, M. (2020). Integrating computational thinking into elementary science curriculum: an examination of activities that support students' computational thinking in the service of disciplinary learning. *Journal of Science Education and Technology*, *29*(1), 53–64. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09801-y

Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, *25*(1), 127–147. https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5

Wilkerson-Jerde, M. H. (2014). Construction, categorization, and consensus: Student generated computational artifacts as a context for disciplinary reflection. *Educational Technology Research and Development*, *62*(1), 99–121. https://doi.org/10.1007/s11423-013-9327-0

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Computer science handbook* (2nd ed.). *49*(3), 33–35. https://doi.org/10.1201/b16812-43

Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *366*(1881), 3717–3725. https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118

Wing, J. M. (2010). *Computational Thinking: A Definition*. 1–6. https://doi.org/10.1109/MED.2008.4602144

Wing, J. M. (2014). Computational thinking benefits society. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, *24*(6), 6–7. http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1529997&CFID=380881129&CFTOKEN=42051081

Wing, J. M. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology*, *25*(2), 7–14. https://doi.org/10.17471/2499-4324/922

Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of Planning Education and Research*, 39(1), 93-112. https://doi.org/10.1177/0739456X17723971

Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S., & Korb, J. T. (2014). Computational

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).

thinking in elementary and secondary teacher education. *ACM Transactions on Computing Education*, *14*(1). https://doi.org/10.1145/2576872

Yadav, A., Stephenson, C., & Hong, H. (2017). Computational thinking for teacher education. *Communications of the ACM*, *60*(4), 55–62. https://doi.org/10.1145/2994591

Zampieri, M. T., & Javaroni, S. L. (2020). A dialogue between computational thinking and interdisciplinarity using scratch software. *Unipluriversidad*, *20*(1), e2020105. https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.06

Zhang, L. C., & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9. *Computers and Education*, *141*(September 2018), 103607. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607

Zhong, B., Wang, Q., Chen, J., & Li, Y. (2016). An Exploration of Three-Dimensional Integrated Assessment for Computational Thinking. *Journal of Educational Computing Research, 53*(4), 562–590.

© 2022 by the authors. Published by Secholian Publication. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).