

**PENGINTEGRASIAN PEMIKIRAN KOMPUTASIONAL DALAM
PEMBELAJARAN GENETIK KALANGAN MURID SAINS TINGKATAN EMPAT**

***INTEGRATION OF COMPUTATIONAL THINKING IN THE LEARNING OF
GENETICS AMONG FORM FOUR SCIENCE STUDENTS***

WAN MAZURA WAN MEHAMMUD¹ & NOR ASNIZA ISHAK²

^{1&2} Pusat Pengajian Ilmu Pendidikan, Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Corresponding authors: wanmazura84ne@gmail.com & asnizaishak@usm.my

Received: 18 August 2022

Accepted: 08 September 2022

Published: 17 September 2022

Abstrak: Pemikiran komputasional merupakan kemahiran yang menjadi prasyarat baharu untuk diintegrasikan dalam pendidikan pada masa kini. Pemikiran komputasional membolehkan murid melibatkan diri secara efektif dalam dunia digital masa kini dan seterusnya membolehkan mereka mendepani cabaran pekerjaan IR 4.0 serta kekal berdaya saing. Aspek kemahiran pemikiran komputasional boleh diaplikasikan oleh murid untuk menyelesaikan masalah kompleks dalam kehidupan yang sebenar seperti bidang genetik. Justeru, kajian ini dijalankan untuk mengenalpasti tahap kesukaran dalam bidang pembelajaran Genetik dan tahap kesediaan pemikiran komputasional dalam kalangan murid Sains Tingkatan Empat menerusi reka bentuk kajian kuantitatif. Instrumen kajian terdiri daripada soal selidik tahap kesukaran bidang pembelajaran Genetik dan tahap kesediaan pemikiran komputasional dalam kalangan murid Tingkatan Empat. Seramai 200 orang murid dari sekolah menengah di Pulau Pinang telah terlibat di dalam kajian ini. Dapatan kajian menunjukkan bahawa bidang pembelajaran Genetik seharusnya diberikan fokus utama kerana mempunyai tahap kesukaran yang tinggi. Seterusnya, dapatan kajian juga mendapati bahawa aspek pengetahuan murid terhadap pemikiran komputasional adalah tinggi untuk mengaplikasikan pemikiran komputasional di dalam pembelajaran. Maka, terdapat kesediaan untuk mengintegrasikan pemikiran komputasional dalam pengajaran dan pembelajaran di dalam subjek sains khususnya bagi bidang pembelajaran Genetik seterusnya merealisasikan Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025.

Kata kunci: Pemikiran Komputasional; Sains; Genetik

Abstract: Computational thinking is a new prerequisite skill to be integrated in education today. Computational thinking enables students to engage effectively in today's digital world and further enables them to face the challenges of IR 4.0 jobs and remain competitive. Aspects of computational thinking skills can be applied by students to solve complex problems in real life such as genetics field. Therefore, this study was conducted to identify the level of difficulty in the field of learning Genetics and the level of readiness for computational thinking among form four students through a quantitative research design. The research instrument consists of a questionnaire on the level of difficulty in Genetics learning field and the level of readiness for computational thinking among form four students. A total of 200 students from secondary schools in Penang have been involved in this study. The findings

of the study show that Genetic topic should be given the main focus because it has a high level of difficulty. Next, the research findings found that students' knowledge of computational thinking is high. Therefore, there is a readiness to integrate computational thinking in teaching and learning in science subjects, especially in the field of Genetics learning, further realizing the Malaysian Education Development Plan (PPPM) 2013-2025.

Keywords: *Computational Thinking, Science, Genetic*

Cite this article: Wan Mazura Wan Mehammud & Nor Asniza Ishak. (2022). Pengintegrasian pemikiran komputasional dalam pembelajaran Genetik kalangan murid Sains tingkatan empat . *Global Journal of Educational Research and Management (GERMANE)*, 2(4), p. 395-404.

PENGENALAN

Pemikiran komputasional (CT) didefinisikan sebagai satu kaedah penyelesaian masalah yang menggunakan elemen-elemen Sains Komputer (Tsai & Tsai, 2018; Wing, 2006) seperti (i) penaakulan logik (i) leraian; (ii) pengecaman corak; (iii) peniskalan dan (iv) algoritma (Aho, 2012; Sanford & Naidu, 2016; Voogt et al., 2015). Kemahiran CT sebagai proses pemikiran yang melibatkan rumusan masalah sehingga murid boleh menyelesaikan masalah melalui langkah-langkah pengiraan (Allsop, 2019), algoritma (Aho, 2012), dan elemen pengecaman corak. CT mempunyai potensi untuk memajukan kemahiran dan kebolehan penyelesaian masalah murid kerana mereka mula berfikir dengan cara yang baru (Yadav *et al.*, 2014) dan melibatkan proses kognitif (Allsop, 2019).

Allsop (2019), yang mentakrifkan bahawa kemahiran CT termasuk (i) satu proses kognitif, (ii) dikawal oleh amalan metakognitif, (iii) melibatkan penggunaan satu siri konsep pengiraan, (iv) termasuk penggunaan tingkah laku pembelajaran, dan (v) bertujuan untuk mereka bentuk penyelesaian kepada masalah yang terdedah kepada automasi. Yadav et al. (2017), yang menyatakan bahawa kemahiran CT merangkumi kemahiran dan amalan sains komputer utama yang boleh digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam pelbagai tugas kehidupan manusia melalui teknologi digital (Belanger et al., 2018). CT dalam sistem pendidikan dijangka membantu guru membimbing murid mereka dengan lebih baik untuk mencari kaedah penyelesaian baharu bagi masalah yang kelihatan mustahil untuk diselesaikan terutamanya untuk berhadapan dengan masalah yang kurang jelas atau kompleks (Mdec-KPM, 2016). Berdasarkan pelbagai pandangan tersebut, pengkaji menyimpulkan bahawa kemahiran CT memiliki pelbagai skop yang sangat luas sebagai alat bantu penyelesaian masalah kehidupan manusia. Oleh itu, kemahiran ini sangat perlu dikuasai oleh semua orang, khususnya seorang guru. Hal tersebut kerana guru sangat berperanan penting dalam menyalurkan pengetahuan kepada murid dari peringkat yang paling rendah sehingga akhir pengajian tinggi.

CT ini telah diperkenalkan ke dalam Kurikulum Standard Sekolah Menengah (KSSM) mata pelajaran Sains di Malaysia mulai Januari tahun 2017 untuk meningkatkan kemahiran penyelesaian masalah dalam kalangan murid. Dalam mata pelajaran Sains, topik yang penting serta perlu melibatkan proses pemikiran tersebut ialah topik Genetik. Genetik ialah sains yang mengkaji sifat dan tingkah laku gen, dan unit keturunan asas (H. Oztas & Oztas, 2016). Konsep dalam genetik berkait rapat dengan pengetahuan dan pemahaman tentang topik seperti sel, persenyawaan, pembahagian sel dan sebagainya (Chattopadhyay, 2012) dan bersifat abstrak.

SOROTAN KAJIAN

Murid boleh menyelesaikan masalah yang kompleks mahupun terbuka dengan cara yang mudah dan sistematik dan menggunakan pemikiran komputasional (CT) (Durak & Saritepeci, 2018; Fisk, 2017; Tsai et al., 2016; Wing, 2006) melalui pemprosesan maklumat (Selby & Woollard, 2014). Kemahiran CT boleh dikukuhkan melalui integrasi teknologi oleh murid di sekolah semasa PdP (Korkmaz & Bai, 2019) selaras dengan aspirasi Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) anjakan tujuh iaitu menekankan pemanfaatan teknologi maklumat dan komunikasi (TMK) dalam semua mata pelajaran. Tambahan pula, pengaplikasian CT telah memberikan kesan positif kepada pencapaian akademik murid (Mindetbay et al., 2019; Nurul Dayana & Maizatul, 2020). Tambahan pula, dijangkakan pada tahun 2025, 85 juta pekerjaan mungkin berubah kerana pertindanan kerja antara manusia dan mesin, sementara 97 juta peranan baru muncul dan lebih disesuaikan dengan pembahagian kerja baru antara manusia, mesin dan algoritma (WEF, 2020) telah memperlihatkan kepentingan penguasaan kemahiran CT. Selain itu, suatu usaha untuk menerapkan kemahiran CT penting kerana kehidupan seharian kita yang dikelilingi oleh algoritma dan permasalahan yang kompleks (Brown, 2015). Justeru, integrasi CT dalam pengajaran dan pembelajaran (PdP) perlu dititikberatkan kerana CT adalah pendekatan yang sangat signifikan dengan kemahiran abad ke-21 (Voogt et al., 2015) dan kemahiran asas merentasi disiplin ilmu yang berbeza (Wing, 2006) dalam dunia digital (Denning, 2017) seiring perkembangan teknologi.

Justeru, genetik sebagai salah satu bidang sains yang utama adalah bersifat interdisiplin dan berkait rapat dengan kehidupan seharian serta masalah dunia sebenar pada masa kini seperti kekurangan sumber makanan dan masalah kesihatan (Merkel, 2012). Salah satu bidang yang mengaplikasikan konsep biologi dalam kehidupan ialah genetik. Genetik ialah salah satu bidang pembelajaran utama dalam Biologi yang mengkaji sifat dan tingkah laku gen, unit asas keturunan serta kajian tentang bagaimana DNA diturunkan dari satu generasi ke generasi seterusnya (H. Oztas & Oztas, 2016). Genetik juga merangkumi bioteknologi moden yang berkaitan dengan pelbagai bidang termasuk perubatan, pertanian, penternakan dan bioteknologi makanan serta teknologi kejuruteraan genetik iaitu melibatkan manipulasi gen untuk mengubah laluan metabolik sel atau organisma dan semakin berkembang dengan pesat di dunia termasuklah di Malaysia. Manipulasi gen, biologi molekul dan pemahaman mekanisme genetik telah banyak menyumbang kepada teknologi yang lebih baik ke arah peningkatan bekalan makanan global serta penyembuhan dan pencegahan penyakit selaras dengan aspirasi SDG2 (UNDP, 2019).

Oleh itu, bagi melahirkan masyarakat yang mempunyai pengetahuan genetik dan celik dalam teknologi sains yang semakin berkembang (F. Oztas & Oztas, 2016) dan mampu menyelesaikan SSI genetik serta bersedia menghadapi cabaran global, maka terdapat keperluan meningkatkan kemahiran abad ke-21. Kemahiran abad ke-21 tersebut merupakan inisiatif utama yang digariskan dalam Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025 yang diperlukan oleh setiap murid.

PENYATAAN MASALAH

Murid menganggap biologi sebagai subjek yang sukar untuk dipelajari; (Abdullahi Shuaibu & Nor Asniza Ishak, 2020; Azzeme et al., 2018; Buah et al., 2017) kerana terdapat pelbagai istilah

dan konsep abstrak (Gungor & Ozkan, 2017; Wan Nasriha Wan Mohamed Salleh et al., 2021). Selain itu, pemahaman murid mengenai konsep asas genetik adalah terhad dan rendah (Fauzi & Mitalistiani, 2018) terutamanya dalam gen dan kromosom (Sahabuddin Basri & Mai Shihah Abdullah, 2020; Etobro & Fabinu, 2017; Gungor & Ozkan, 2017). Genetik adalah kompleks (F. Oztas & Oztas, 2016) untuk, lantaran itu menyebabkan konsep genetik adalah antara konsep sukar untuk dipelajari dalam biologi (Etobro & Banjoko, 2017; Fauzi & Mitalistiani, 2018; Mardin, 2017). Terdapat pelbagai istilah yang menyumbang kepada kesukaran murid untuk memahami pembahagian sel (Gungor & Ozkan, 2017; Wan Nasriha Wan Mohamed Salleh et al., 2021) dan konsep asas kromosom (Etobro & Fabinu, 2017). Tambahan pula, kaedah yang digunakan guru bagi menjana idea murid kurang diberi perhatian dan kurang menarik (Serafin, 2016).

Pemikiran komputasional (CT) merupakan kemahiran pemikiran abad ke-21 yang penting (Mohaghegh & Mccauley, 2016) untuk generasi masa hadapan dalam mendepani cabaran global (Chong & Wong, 2019). Selain itu, kemahiran berfikir komputasional boleh diajar melalui kaedah penyelesaian masalah (Yadav et al., 2017) secara berkesan dan harus ditingkatkan dalam PdP murid selari dengan pembangunan dan pengetahuan dunia teknologi digital (Noor Desiro et al., 2021) untuk menjana murid ke arah aspirasi Matlamat Pembangunan Lestari ke 4 bagi membantu mereka menyelesaikan masalah dengan cara kritis (Puganeswari. K & Saifullnizam, 2019). Oleh itu, kajian ini dilakukan bagi mengenalpasti tahap kesediaan murid daripada aspek pengetahuan CT terhadap pengintegrasian CT dalam PdP di sekolah.

OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini adalah bertujuan untuk:

- i. mengenalpasti tahap kesukaran dalam bidang pembelajaran Genetik murid Sains Tingkatan Empat
- ii. mengenalpasti tahap kesediaan pengetahuan pemikiran komputasional dalam kalangan murid Sains Tingkatan Empat

METODOLOGI KAJIAN

Kajian ini menggunakan kaedah tinjauan bagi mengumpulkan data berbentuk deskriptif. Kajian tinjauan ini menggunakan borang soal selidik yang telah dibina secara atas talian menggunakan perisian aplikasi Google form bagi mendapatkan maklumat. Instrumen kajian terbahagi kepada tiga bahagian iaitu (i) latar belakang responden (ii) tahap pengetahuan murid terhadap pembelajaran genetik (iii) tahap kesediaan pengetahuan murid terhadap pemikiran komputasional. Item bagi aspek pengetahuan genetik diubahsuai daripada kajian Rashidah Begum Gelamdin (2016) manakala item tahap kesediaan aspek pengetahuan terhadap pemikiran komputasional telah diubahsuai dari kajian Ahmad Shahril Mohd Napiah & Mashitoh Hashim (2021). Sampel kajian ini terdiri daripada murid Sains Tingkatan Empat sekolah menengah di Pulau Pinang. Seterusnya, untuk menentukan indeks kebolehpercayaan instrumen kajian, maka satu kajian rintis telah dilaksanakan ke atas 35 orang murid Sains Tingkatan Empat dan hasil analisis kajian rintis telah menunjukkan nilai Cronbach's Alpha yang tinggi, iaitu 0.919. Nilai pekali Alpha Cronbach yang ideal adalah pada kadar 0.70 ke atas (Pallant, 2001). Hal ini menunjukkan bahawa soal selidik yang digunakan adalah tekal dan

boleh dipercayai. Tatacara dari segi kesahan kandungan dan bahasa pula, instrumen kajian ini telah disemak oleh pakar bidang masing-masing.

Bagi menentukan tahap kesediaan yang diperolehi, dapatan daripada analisis data dirujuk kepada jadual penentu tahap kesediaan berdasarkan daripada kajian (Guat et al., 2015; Kamaruzaman, 2009). Skala tahap kesediaan yang digunakan terbahagi kepada lima bahagian seperti Jadual 1.

Jadual 1: Penentu Tahap Kesediaan Julat (Tafsiran Skala Min)

Julat min	Tahap kesediaan
1.0-1.80	Sangat Rendah
1.81-2.60	Rendah
2.61-3.40	Sederhana
3.41-4.20	Tinggi
4.21-5.00	Sangat Tinggi

DAPATAN KAJIAN

Dapatan kajian telah diperolehi melalui kaedah tinjauan ke atas seramai 200 orang murid Sains Tingkatan Empat dari empat sekolah di Pulau Pinang. Statistik deskriptif membincangkan kekerapan, peratus min dan sisihan piawai bagi menerangkan profil responden, tahap pengetahuan genetik dan tahap pengetahuan pemikiran komputasional. Data-data ini dianalisis dengan menggunakan perisian *Statistical Packages for Social Sciences Version 27.0* (SPSS Versi 27). Hasil dapatan kajian dibentangkan dalam bentuk jadual dan statistik deskriptif.

Demografi Responden

Jadual 2 menunjukkan maklumat demografi responden yang dikaji yang terdiri daripada seramai 200 orang murid yang mengambil mata pelajaran Sains di Tingkatan Empat. Bilangan murid lelaki hanya seramai 71 orang murid (35.5%) manakala murid perempuan pula adalah seramai 129 orang murid (64.5%). Selain itu, seramai 63 orang murid (31.5%) secara keseluruhan yang terlibat dalam kajian ini pernah mengambil mata pelajaran Asas Sains Komputer (ASK) manakala seramai 137 orang murid (68.5%) tidak pernah mengambil mata pelajaran ASK di menengah rendah.

Jadual 2: Demografi Responden

Demografi	Ciri	Bilangan	Peratus
Jantina	Lelaki	71	35.5 %
	Perempuan	129	64.5%
Asas Sains Komputer (ASK)	Ya	63	31.5%
	Tidak	137	68.5%

Analisis Deskriptif

i. Tahap kesediaan murid dari aspek pengetahuan Pemikiran Komputasional

Jadual 3 menunjukkan tahap kesediaan semua murid daripada aspek pengetahuan keseluruhannya berada pada tahap yang tinggi dengan purata skor min keseluruhan iaitu 3.85.

Tahap pengetahuan CT murid yang tidak mengambil mata pelajaran ASK juga tinggi iaitu dengan skor min 3.77.

Jadual 3: Tahap Kesiediaan Murid Dari Aspek Pengetahuan Pemikiran Komputasional

No	Item	Min	Sisihan Piawai	Tahap
1	Pemikiran komputasional ialah proses pemikiran bagi tujuan menyelesaikan sesuatu masalah oleh manusia sendiri berbantuan mesin atau kedua-duanya sekali dengan menggunakan konsep asas sains komputer.	4.14	0.889	Tinggi
2	Dalam menyelesaikan sesuatu masalah, saya akan mengutamakan perkara-perkara penting dan meninggalkan perkara-perkara yang kurang penting.	4.07	0.951	Tinggi
3	Saya akan membuat pemecahan suatu masalah atau sistem yang kompleks kepada bahagian-bahagian kecil bagi memudahkan pemahaman dan penyelesaian.	3.95	0.968	Tinggi
4	Saya selalu merancang perjalanan yang paling pendek untuk ke sekolah supaya saya cepat sampai.	4.17	0.925	Tinggi
5	Saya akan mengikut peraturan atau langkah-langkah penting semasa menjalankan eksperimen sains di dalam makmal	4.52	0.820	Sangat Tinggi
6	Saya dan rakan-rakan dapat menyelesaikan eksperimen sains dengan cepat kerana kami membahagikan tugas semasa menjalankan eksperimen tersebut	4.19	0.958	Tinggi
7	Saya akan memecahkan soalan esei yang melibatkan penyelesaian masalah kepada beberapa langkah sebelum menjawabnya supaya lebih teratur	3.81	0.999	Tinggi
8	Saya pernah merancang pembelian barang keperluan sekolah saya	4.29	0.823	Sangat Tinggi
9	Saya akan menggaris isi penting sahaja semasa menjawab soalan Sains dengan petikan yang panjang	4.01	0.946	Tinggi
10	Saya boleh membina siri arahan langkah demi langkah yang perlu dipatuhi untuk menyelesaikan sesuatu masalah	3.24	1.100	Sederhana
11	Saya boleh menulis laporan eksperimen dengan baik berdasarkan pernyataan masalah yang diberikan	3.53	1.012	Tinggi
12	Saya boleh melukis rajah penentuan seks anak dengan baik mengikut langkah-langkah yang diberikan	3.23	1.112	Sederhana
13	Saya tahu maksud Pemikiran Komputasional (CT)	3.01	1.207	Sederhana
	Min Keseluruhan	3.85	0.977	Tinggi

Kesimpulannya, murid mempunyai tahap pengetahuan pemikiran komputasional yang tinggi walaupun mereka tidak pernah mempelajari mata pelajaran Asas Sains Komputer semasa di menengah rendah.

ii. Tahap kesukaran dalam bidang pembelajaran Genetik

Jadual 4 menunjukkan tahap pengetahuan bidang pembelajaran genetik murid sains tingkatan empat. Pada keseluruhannya, aspek pengetahuan pembelajaran Genetik berada pada tahap yang sederhana dengan purata skor min 3.40.

Jadual 4: Tahap Kesukaran Bidang Pembelajaran Genetik

No	Item	Min	Sisihan Piawai	Tahap
1	Gen mengandungi maklumat genetik yang menentukan ciri tertentu sesuatu organisma	3.48	0.770	Tinggi
2	Kejuruteraan genetik melibatkan manipulasi gen untuk mengubah kandungan genetik sesuatu organisma.	3.42	0.798	Tinggi
3	Kejuruteraan genetik membolehkan trait semula jadi pada suatu organisma diubah suai melalui penyelitan gen sasaran daripada organisma lain kepada DNA organisma tersebut.	3.27	0.850	Sederhana
4	Kejuruteraan genetik membolehkan gen yang mengawal trait bermanfaat dipindahkan dari DNA sesuatu organisma kepada organisma yang lain.	3.30	0.901	Sederhana
5	DNA yang diubah dikenali sebagai DNA rekombinan	3.41	0.876	Tinggi
6	Organisma dengan DNA rekombinan dikenali sebagai organisma yang diubahsuai kandungan genetik.	3.50	0.880	Tinggi
7	Aplikasi teknik kejuruteraan genetik untuk mengubah atau menggantikan kecacatan gen dikenali sebagai gen terapi	3.45	0.843	Tinggi
8	Penggunaan kaedah pengubahsuaian secara genetik terhadap haiwan akan meningkatkan rintangannya terhadap penyakit	3.32	0.917	Sederhana
9	Organisma yang termodifikasi genetiknya digunakan dalam perubatan (contoh: penghasilan insulin menggunakan mikroorganisma yang termodifikasi genetiknya).	3.52	0.856	Tinggi
10	Modifikasi genetik ke atas pokok kelapa sawit akan mengakibatkan peningkatan dalam penghasilan minyak dari buahnya	3.35	1.046	Sederhana
11	Tumbuhan termodifikasi kandungan genetiknya boleh menghasilkan buah-buahan yang lebih lazat dengan tambahan nilai nutrisi.	3.42	1.034	Tinggi
12	Teknik kejuruteraan genetik digunakan untuk mengesan dan merawat penyakit seperti anemia sel sabit, hemofilia, kanser, hepatitis dan kencing manis .	3.47	0.997	Tinggi
	Min keseluruhan	3.40	0.897	Sederhana

Kesimpulannya, murid sains tingkatan empat mempunyai kesukaran dalam mempelajari bidang pembelajaran genetik.

PERBINCANGAN

Secara keseluruhan, dapatan daripada kajian ini dapat mengenalpasti bahawa murid yang dikaji mempunyai tahap pengetahuan pemikiran komputasional yang tinggi. Dapatan ini menunjukkan murid telah mempunyai kesediaan pengetahuan untuk mengintegrasikan CT dalam PdP. Dapatan juga menunjukkan bahawa, murid yang tidak pernah mengambil mata pelajaran ASK juga mempunyai pengetahuan CT yang baik secara keseluruhan. Tahap kesediaan pengetahuan CT dalam PdP sangat diperlukan untuk meningkatkan kemahiran dan kebolehan penyelesaian masalah murid serta membantu murid berfikir dengan cara baru seperti kajian Yadaz et al. (2016). Kepentingan CT juga dilihat melalui keupayaan proses kognitif yang mampu membantu murid untuk meningkatkan pencapaian akademik mereka (Mindetbay et al., 2019; Nurul Dayana & Maizatul, 2020).

Dapatan kajian juga menunjukkan pengetahuan genetik murid Sains Tingkatan Empat berada di tahap sederhana. Keputusan ini turut menyokong hasil kajian yang dijalankan oleh Fauzi & Mitalistiani (2018) yang menunjukkan konsep asas genetik adalah terhad dan rendah. Dapatan ini mengimplicasikan bahawa pencapaian bidang pembelajaran Genetik masih kurang memuaskan mungkin disebabkan kurang keberkesanan dalam pelaksanaan dan pendekatan dalam PdP seperti yang terdapat dalam kajian (Serafin, 2016) iaitu kaedah yang digunakan guru bagi menjana idea kurang menarik dan kurang diberi perhatian. Maka, integrasi pendekatan interdisiplin seperti CT dengan bidang pembelajaran genetik iaitu bidang berkaitan dengan kehidupan sebenar dan relevan dengan teknologi masa kini adalah sangat penting bagi seorang murid. Selain itu, murid yang mempunyai kemahiran CT dijangka dapat menghadapi cabaran global dan boleh meningkatkan kemahiran abad ke-21 seperti yang digariskan dalam PPPM 2013-2025.

KESIMPULAN

Pengintegrasian CT dalam kurikulum di sekolah perlu dititiberatkan lagi bagi memastikan kemahiran ini berjaya mencapai matlamat dan keberkesanan dalam PdP. Tahap kesediaan pengetahuan yang tinggi ini telah menjadi salah satu faktor yang perlu dititikberatkan oleh semua pihak terutamanya guru semasa melaksanakan PdP di sekolah. Sebagai cadangan, kajian berbentuk eksperimen perlu dijalankan ke atas murid Sains Tingkatan Empat bagi menguji keberkesanan pengintegrasian CT khususnya bagi bidang pembelajaran Genetik.

RUJUKAN

- Abdullahi Shuaibu, & Nor Asniza Ishak. (2020). Effect of the 7e instructional strategy on the overall attitude of students in biology in public secondary schools in Adamawa State, Nigeria. *Asia Pacific Journal of Educators and Education*, 35(2), 171–186. <https://doi.org/10.21315/APJEE2020.35.2.10>
- Ahmad Shahril Mohd Napiah & Mashitoh Hashim (2021). Tahap kesediaan guru pelatih terhadap pelaksanaan pemikiran komputasional, *Journal of ICT in Education*, 8(4), 81-103. <https://doi.org/10.37134/jictie.vol8.sp.2.9.2021>
- Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *Computer Journal*, 55(7), 833–835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- Allsop, Y. (2019). Assessing computational thinking process using a multiple evaluation approach. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19, 30–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.004>
- Azzeme, A. M., & Yusri, I. W. (2018). Digital board game in teaching and learning of biochemistry. *Proceedings of The International University Carnival on e-Learning (IUCEL) 2018*. 470-472
- Belanger, C., Christenson, H., & Lopac, K. (2018). Confidence and Common Challenges : The Effects of Teaching Computational Thinking to Students Ages 10-16. 1–44.
- Brown, W. (2015). Introduction to Algorithmic Thinking. Available at: www.cs4fn.com/algorithmicthinking.php
- Buah, E., & Akuffo, A. F. (2017). The science topics perceived difficult by junior high school students at techiman north district: effects on the teaching and learning of science. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 3(1), 503-509.
- Chattopadhyay, A. (2012). Understanding of Mitosis and Meiosis in higher secondary students of Northeast India and the implications for genetics education. *Journal of Education*, 2(3), 41–47. <https://doi.org/10.5923/j.edu.20120203.04>
- Chong, B., & Wong, R. (2019). Transforming the quality of workforce in the textile and apparel industry through computational thinking education. In *Computational Thinking Education*. Springer

- Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7>
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33–39. <https://doi.org/10.1145/2998438>
- Durak, H. Y., & Saritepeci, M. (2018). Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model. *Computers and Education*, 116, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.004>
- Etobro, A. B., & Fabinu, O. E. (2017). Students' perceptions of difficult concepts in biology in senior secondary schools in Lagos state. *Global Journal of Educational Research*, 16(2), 139. <https://doi.org/10.4314/gjedr.v16i2.8>
- Fauzi, A., & Mitalistiani, M. (2018). High school biology topics that perceived difficult by undergraduate students. *Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 2(2), 73. <https://doi.org/10.32502/dikbio.v2i2.1242>
- Fisk P., (2017). *Education 4.0. The future of learning will be dramatically different, in school and throughout life.* <http://www.thegeniusworks.Com/2017/01/future-educationyoungeveryone-taught-together>.
- Gungor, S. N., & Ozkan, M. (2017). Evaluation of the concepts and subjects in biology perceived to be difficult to learn and teach by the pre-service teachers registered in the pedagogical formation program. *European Journal of Educational Research*, 6(4), 495–508. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.6.4.495>
- Kamaruzaman, M. (2009). Keberkesanan program kelayakan profesional kepengetahuan kebangsaan (NPQH). Tesis Doktor Falsafah. (Tidak Diterbitkan). Bangi, Selangor: Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Korkmaz, Ö., & Bai, X. (2019). Adapting computational thinking scale (CTS) for chinese high school students and their thinking scale skills level. *Participatory Educational Research*, 6(1), 10–26. <https://doi.org/10.17275/per.19.2.6.1>
- Mardin, H. (2017). Analisis kesulitan belajar biologi peserta didik kelas XII IPA SMA Negeri di Kota Palopo. Universitas Negeri Makassar. <http://eprints.unm.ac.id/5840/>
- Merkel, S. (2012). The development of curricular guidelines for introductory Microbiology that focus on understanding. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 13(1), 32–38. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v13i1.363>
- Mindetbay, Y., Bokhove, C., & Woollard, J. (2019). What is the relationship between students' computational thinking performance and school achievement? *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 3–19. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v0i0.45>
- Mohaghegh, M., & Mccauley, M. (2016). Computational thinking : The skill set of the 21st century. *Journal of Computer Science and Information Technologies*, 7(3)(June), 1524–1530.
- Noor Desiro Saidin, Fariza Khalid, Rohanilah Martin, Yogeswary Kuppusamy, and Nalini A/P Munusamy (2021). Benefits and challenges of applying computational thinking in education. *International Journal of Information and Education Technology*, 11(5), 248–254. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2021.11.5.151>
- Nurul Dayana Mohd Dazid & Maizatul Mohamad Yatim. (2020). Keberkesanan pengaplikasian pemikiran komputasional dalam pembelajaran berasaskan permainan (pbp) bagi topik operasi asas darab tahun tiga. *International Journal of Education, Psychology and Counseling*, 5(35), 125–141. <https://doi.org/10.35631/ijepc.5350012>
- Oztas, F., & Oztas, H. (2016). What beginner biology teacher candidate know genetics and gene? *Journal of Education and Practice*, 7(30), 131–138.
- Oztas, H., & Oztas, F. (2016). A formal reasoning ability and misconceptions concerning genetic in middle school students. *Journal of Education and Practice*, 7(30), 128–130.
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33–39. <https://doi.org/10.1145/2998438>
- Pallant, J. (2001). SPSS survival manual. A step by step guide in data analysis using SPSS for window (Version 10). Buckingham: Open University Press.
- Puganeswari, K., & Saifullnizam, P. (2019). Computer science education in Malaysia schools: The challenges of enhancing computational thinking skills. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 8(6S3). <https://doi.org/10.35940/ijeat.F1080.0986S319>
- Rashidah Begum Gelamdin. (2016). Pembangunan modul bioteknologi bagi mata pelajaran biologi

- sekolah menengah. (Tesis doktor falsafah, Universiti Malaya Kuala Lumpur, Malaysia).
- Sahabuddin Basri & Mai Shihah Abdullah (2020). Level of Understanding and Alternative Frameworks in Genetics Fundamental Concepts among Form Four Biology Students in Sabah, Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10(9). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v10-i9/7830>
- Sanford, J. F., & Naidu, J. T. (2016). Computational Thinking Concepts for Grade School. *Contemporary Issues in Education Research (CIER)*, 9(1), 23–32. <https://doi.org/10.19030/cier.v9i1.9547>
- Selby, C. C., & Woollard, J. (2014). Refining an Understanding of Computational Thinking. *Author's Original, 2006*, 1–23.
- Serafin, C. (2016). The Re-conceptualization of Cooperative Learning in an Inquiry-oriented Teaching. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 217, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.064>
- Tay Meng Guat, Kirarak Sare & Litat Bilung. (2015). Kesiediaan pelajar institut pendidikan guru dalam pelaksanaan kurikulum standard sekolah rendah. *Jurnal Penyelidikan IPG KBL*, 12, 1-18.
- Tsai, M. C., & Tsai, C. W. (2018). Applying online externally-facilitated regulated learning and computational thinking to improve students' learning. *Universal Access in the Information Society*, 17(4), 811–820. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0542-z>
- Tsai, C. W., Shen, P. Di, Tsai, M. C., & Chen, W. Y. (2016). Exploring the effects of web-mediated computational thinking on developing students' computing skills in a ubiquitous learning environment. *Interactive Learning Environments*, 25(6), 762–777. <https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1181093>
- United Nations Development Programme (UNDP). (2019). Quality Education. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/education/>
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715–728. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>
- Wan Nasriha Wan Mohamed Salleh, Che Nidzam Che Ahmad, & Endang Setyaningsih. (2021). Difficult topics in Biology from the view point of students and teachers based on KBSM implementation. *EDUCATUM Journal of Science, Mathematics and Technology*, 8(1), 49–56. <https://ejournal.upsi.edu.my/index.php/EJSMT/index>. <https://doi.org/10.37134/ejsmt.vol8.1.6.2021>
- World Economic Forum (WEF). (2020). *The future of jobs report 2020 | World economic forum*. The Future of Jobs Report, October, 1163. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yadav, A., Gretter, S., Good, J., Mclean, T., & Grover, S. (2017). Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking. *Computational Thinking, Educational Communications and Technology*, 269–288. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1>
- Yadav, A., Hong, H., & Stephenson, C. (2016). Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms. *TechTrends*, 60(6), 565–568. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>