

Cabaran dan Potensi Kecerdasan Buatan Generatif dalam Pendidikan STEM: Suara Guru Sains di Sabah

Aminah Jekri*, Crispina Gregory K Han, Nur Farha Shaafi

Universiti Malaysia Sabah, Malaysia

*Corresponding author: Aminah Jekri (aminajekri@gmail.com)

Received: 19 June 2025

Received in revised form: 30 June 2025

Accepted: 2 July 2025

Published: 7 July 2025

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan pesat dunia teknologi dan digital, integrasi kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM sedang giat diperluas. Walau bagaimanapun, tinjauan lepas mendapati tahap penggunaan teknologi tersebut adalah minima khususnya dalam pendidikan sains. Justeru, satu kajian kuantitatif telah dijalankan bagi mengenal pasti persepsi 323 orang guru sains sekolah menengah di seluruh Sabah berkaitan cabaran yang dihadapi dalam penggunaan teknologi tersebut. Kajian ini menggunakan instrumen soal selidik yang terdiri daripada 15 item, dan data dianalisis menerusi perisian SPSS versi 27.0. Hasil analisis deskriptif menunjukkan tahap cabaran penggunaan berada pada aras tinggi ($M = 3.79$, $SD = .190$). Dapatan turut memperlihatkan bahawa kekangan utama dalam penggunaan teknologi ini berpunca daripada aspek pengetahuan, kemahiran, dan keyakinan guru. Secara empirikal, guru veteran dikenal pasti menghadapi cabaran penggunaan teknologi yang lebih besar. Implikasinya, cabaran pelaksanaan ini perlu ditangani secara menyeluruh bagi memastikan pelaksanaan pendidikan STEM yang lebih berkesan dan inklusif.

Kata Kunci:

Kecerdasan buatan generatif; Pendidikan STEM; Cabaran penggunaan; Guru Sains; Dasar Pendidikan Digital

ABSTRACT

Along with the rapid development of the technological and digital world, the integration of generative artificial intelligence in STEM education is being actively expanded. However, a previous survey found that the level of use of the technology is minimal, especially in science education. Therefore, a quantitative study was conducted to identify the perceptions of 323 secondary school science teachers throughout Sabah regarding the challenges faced in using the technology. This study used a questionnaire instrument consisting of 15 items, and the data was analysed using SPSS version 27.0 software. The results of descriptive analysis showed that the level of use challenges was at a high level ($M = 3.79$, $SD = .190$). The findings also showed that the main constraints in using this technology stem from the aspects of teachers' knowledge, skills, and confidence. Empirically, veteran teachers were identified to face greater challenges in using technology. The implication is that these implementation challenges need to be addressed comprehensively to ensure the implementation of more effective and inclusive STEM education.

Keywords:

Generative artificial intelligence; STEM education; Challenges in use; Science teachers; Digital Education Policy

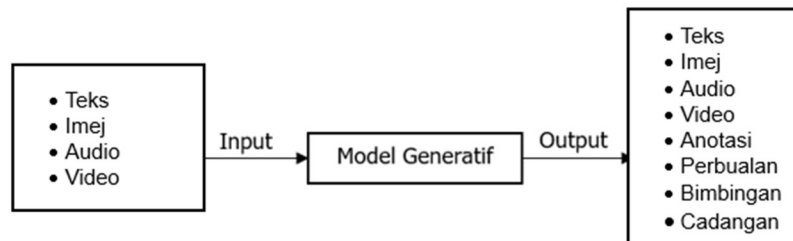
Pengenalan

Di Malaysia, pelaksanaan pendidikan STEM yang merangkumi bidang sains, teknologi, kejuruteraan, dan matematik dimulakan menerusi pelancaran Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM 2013-2025) pada 6 September 2012. Kini, pelaksanaan pendidikan STEM berada di Gelombang 3 (2021-2025) iaitu pendidikan STEM akan dianjak ke arah kecemerlangan melalui peningkatan keluwesan operasi. Umumnya, pendidikan STEM merujuk kepada pembelajaran bersepadu yang mengaplikasikan konteks dunia sebenar dengan mewujudkan rangkaian antara institusi pendidikan, komuniti serta industri. KPM (2024) menegaskan matlamat utama pendidikan STEM adalah untuk melahirkan bakat serta masyarakat berliterasi STEM agar dapat memacu pembangunan ekonomi negara. Realitinya, pendidikan STEM memainkan peranan yang signifikan dalam menyediakan generasi hadapan agar dapat memenuhi keperluan semasa dan berdaya saing di peringkat global. Namun, seiring dengan perkembangan pesat dunia teknologi

pada masa kini, landskap pendidikan STEM telah mengalami transformasi menerusi pengintegrasian teknologi inovatif seperti kecerdasan buatan generatif dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Dalam mendepeani cabaran masa hadapan dalam dunia pendidikan, Kementerian Pendidikan Malaysia, KPM memberikan sokongan penuh terhadap penggunaan teknologi tersebut, seperti yang dinyatakan dalam Dasar Pendidikan Digital dan Pelan Strategik Kementerian Pendidikan Malaysia (PSKPM) 2024-2030

Tinjauan Literatur

Secara umumnya, istilah kecerdasan buatan dirujuk sebagai satu konsep berkaitan simulasi pemikiran manusia oleh mesin seperti sistem komputer (Martin et al., 2024). Manakala, kecerdasan buatan generatif merupakan subset kepada teknologi kecerdasan buatan (Burger *et al.*, 2023) yang berupaya menjana bahan baharu (output) bukan sahaja dalam bentuk teks, imej mahupun video tetapi turut merangkumi anotasi, perbualan, bimbingan dan cadangan (Liu *et al.*, 2024). Ringkasnya, kecerdasan buatan generatif diandaikan sebagai suatu model mesin pembelajaran yang menerima input pengguna dan menghasilkan output yang sepadan dengan input tersebut, seperti dalam Rajah 1.



Rajah 1. Ilustrasi Kecerdasan Buatan Generatif

Secara umumnya, kecerdasan buatan generatif memainkan peranan signifikan dalam menyediakan platform untuk pembelajaran adaptif (Cukurova et al., 2023). Implikasinya, guru mampu menyesuaikan pengalaman pembelajaran berdasarkan gaya pembelajaran dan keperluan pelajar menerusi pembelajaran yang diperibadikan (*personalized learning*). Menurut Maghsudi *et al.* (2021), pembelajaran peribadi dapat diwujudkan menerusi sistem tutor pintar (*intelligent tutoring systems*) atau ITS. Selain itu, penggunaan kecerdasan buatan generatif berupaya membantu guru dalam mempelbagaikan bahan pengajaran dalam tempoh yang singkat (Misnevs, 2024) dan menjalankan aktiviti penilaian murid dengan lebih sistematik (Chen et al., 2020). Dalam konteks pendidikan STEM, penggunaan kecerdasan buatan generatif mewujudkan persekitaran pembelajaran yang interaktif dan menarik (Asmahan Md Yusoff *et al.*, 2022). Menerusi pembelajaran interaktif, murid dapat memahami konsep sains yang abstrak dan kompleks dengan lebih mudah (Shafa Nadiya Hidayat & Lusianus Kusdiboyo, 2022). Senario ini dikenal pasti memberikan impak positif terhadap minat belajar dalam bidang STEM dan sekaligus meningkatkan keberkesanan pengajaran STEM.

Cabaran Penggunaan Kecerdasan Buatan Generatif

Perkembangan pesat kecerdasan buatan dalam dunia pendidikan sejak kebelakangan ini telah mengundang pelbagai spekulasi berhubung cabaran penggunaannya. Tinjauan lepas mengesahkan cabaran penggunaan tersebut sedikit sebanyak mempengaruhi tahap penerimaan dan penggunaan kecerdasan buatan dalam pengajaran (Akgun & Greenhow, 2022). Antara cabaran utama penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam kalangan guru adalah guru kurang menguasai pengetahuan khususnya pengetahuan teknologi (Celik, 2023; Wang et al., 2023; Yue et al., 2023). Selain itu, aspek etika seperti autonomi dan keselamatan data turut dikenal pasti sebagai cabaran dalam penggunaan teknologi tersebut (Lameras & Arnab 2021). Manakala berdasarkan tinjauan literatur Chiu et al. (2023), guru beranggapan bahawa tahap kemahiran, bimbingan dan minat terhadap teknologi yang minima menyebabkan guru menolak penggunaan kecerdasan buatan dalam pengajaran. Dari sudut perspektif yang lain, Zakaria *et al.* (2021) melaporkan, bahawa keadaan kemudahan seperti kesediaan capaian internet, bilik penggunaan yang sesuai dan sokongan teknikal yang terhad turut diandaikan sebagai cabaran dalam penggunaan suatu teknologi baharu. Dari sudut

perspektif yang lain, Zuo et al. (2022) sebaliknya mendapati, faktor psikologi seperti motivasi, kebimbangan dan keyakinan menyumbang kepada pembentukan cabaran dalam penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam kalangan guru.

Pernyataan Masalah

Transformasi proses pengajaran dan pembelajaran (PdP) yang berbantuan pelbagai jenis teknologi inovatif mengubah fokus pembelajaran STEM. Justeru, strategi pembelajaran yang menekankan aktiviti hafalan fakta semata-mata dilihat sudah tidak relevan pada masa kini. Akgun & Greenhow (2022) dalam kajiannya menegaskan pengajaran STEM adalah lebih berkesan dengan aplikasi pelbagai teknologi inovatif, termasuklah kecerdasan buatan generatif. Namun malangnya, Beege et al. (2024) menerusi kajiannya mendapati tahap penggunaan teknologi tersebut dalam kalangan guru sains adalah jauh lebih rendah berbanding guru subjek lain. Sedangkan menurut laporan Von Garrel & Mayer (2023) misalnya, pada masa kini hampir 2/3 murid di Jerman menunjukkan minat terhadap penggunaan teknologi tersebut dalam pembelajaran STEM. Di Malaysia, integrasi pelbagai jenis teknologi, termasuklah teknologi kecerdasan buatan generatif dalam bidang pendidikan khususnya di peringkat sekolah menengah adalah masih belum memuaskan. Buktinya, pada tahun 2021, hanya 2% guru sains menggunakan teknologi dalam bilik darjah (KPM, 2023). Mengukuhkan lagi kenyataan tersebut, berdasarkan data yang dipamerkan oleh Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi, secara anggaran, penggunaan kecerdasan buatan dalam bidang pendidikan hanyalah mencapai 14% pada tahun 2021. Manakala, merujuk statistik yang dikeluarkan oleh *Malaysia Centre for the Fourth Industrial Revolution* seperti dalam Rajah 2, penggunaan AI dalam pelbagai industri di Malaysia bagi tahun 2024 hanyalah sekitar 6% sahaja.



Rajah 2. Penggunaan AI dalam Industri

Senario ini membuktikan, penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam bidang pendidikan masih belum memuaskan. Justeru, adalah menjadi satu keperluan untuk menilai perspektif guru terhadap faktor yang mungkin membataskan penggunaan teknologi tersebut dalam pendidikan STEM khususnya dalam pengajaran sains. Memandangkan pengalaman mengajar dalam kalangan guru adalah berbeza-beza, maka penelitian cabaran tersebut berdasarkan pengalaman mengajar turut relevan untuk dilaksanakan pada masa kini.

Objektif Kajian

Objektif kajian yang telah ditetapkan adalah seperti berikut:

- a) Mengukur tahap cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM di sekolah menengah negeri Sabah.
- b) Mengenal pasti tiga cabaran utama penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM di sekolah menengah negeri Sabah.
- c) Mengenal pasti sama ada terdapat perbezaan skor min cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM berdasarkan pengalaman mengajar

Metodologi

Rekabentuk Kajian

Kajian ini menggunakan reka bentuk kajian kuantitatif menerusi kaedah tinjauan keratan-rentas (*cross-sectional survey*) dimana kutipan data hanya berlaku sekali sahaja. Dalam kajian ini, perspektif responden akan dikumpul, dianalisis dan ditafsir secara tepat dan komprehensif.

Populasi dan Sampel Kajian

Secara amnya, populasi kajian yang terlibat adalah seramai 1448 orang guru sains yang mengajar di sekolah menengah harian di seluruh Sabah. Menerusi penentuan saiz sampel Krejcie dan Morgan (1970), didapati jumlah responden yang terlibat hanyalah 323 orang guru sahaja. Seterusnya, sampel dipilih daripada populasi berdasarkan teknik persampelan rawak bersrata berkadar (*proportional stratification sampling approach*).

Instrumen Kajian

Instrumen kajian menggunakan borang soal selidik yang merangkumi 22 item dan diadaptasi daripada soal selidik yang dibangunkan oleh Wardat et al. (2023). Soal selidik ini terdiri daripada 2 bahagian iaitu maklumat demografi dan cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM. Dalam kajian ini, pengkaji menggunakan skala Likert lima mata iaitu Sangat Tidak Setuju (STS), Tidak Setuju (TS), Tidak Pasti (TP), Setuju (S) dan Sangat Setuju (SS). Seterusnya, berdasarkan analisis kebolehpercayaan, didapati nilai pekali Cronbach's Alpha bagi soal selidik ini ialah .890. Justeru, soal selidik ini diandaikan mempunyai kestabilan dan ketekalan dalaman yang baik dan sedia untuk digunakan.

Analisis Data

Dalam kajian ini, analisis deskriptif digunakan untuk mengenal pasti taburan frekuensi (bilangan dan peratusan) serta min dan sisihan piawai bagi menentukan tahap cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM. Manakala, analisis inferensi pula melibatkan ANOVA sehalu yang digunakan untuk mengesahkan perbezaan min tahap cabaran penggunaan teknologi berdasarkan faktor pengalaman mengajar. Seterusnya, dalam konteks kajian ini, pengkaji memilih interpretasi skor min yang diperkenalkan oleh Landell (1977).

Dapatan Kajian

Profil Responden

Secara keseluruhannya, kajian ini melibatkan seramai 323 orang guru sains sekolah menengah di seluruh Sabah. Bahagian ini memaparkan maklumat deskriptif berkaitan sampel kajian yang terlibat berdasarkan faktor demografi iaitu jantina, dan pengalaman mengajar seperti dalam Jadual 1.

Jadual 1. Taburan Sampel Kajian

Maklumat Demografi	Frekuensi	Peratus (%)
Kurang dari 3 tahun (guru novis)	69	21.4
4 hingga 9 tahun (guru cekap)	93	28.8
10 hingga 15 tahun (guru mahir)	84	26.0
Lebih dari 15 tahun (guru veteran)	77	23.8

Dalam konteks kajian ini, guru dibahagikan kepada empat kategori berdasarkan pengalaman mengajar iaitu guru novis, guru cekap, guru mahir dan guru veteran. Walau bagaimanapun, dalam kajian ini, kumpulan guru cekap (28.8%) paling ramai terlibat sebagai responden kajian.

Tahap Cabaran Penggunaan Kecerdasan Buatan Generatif

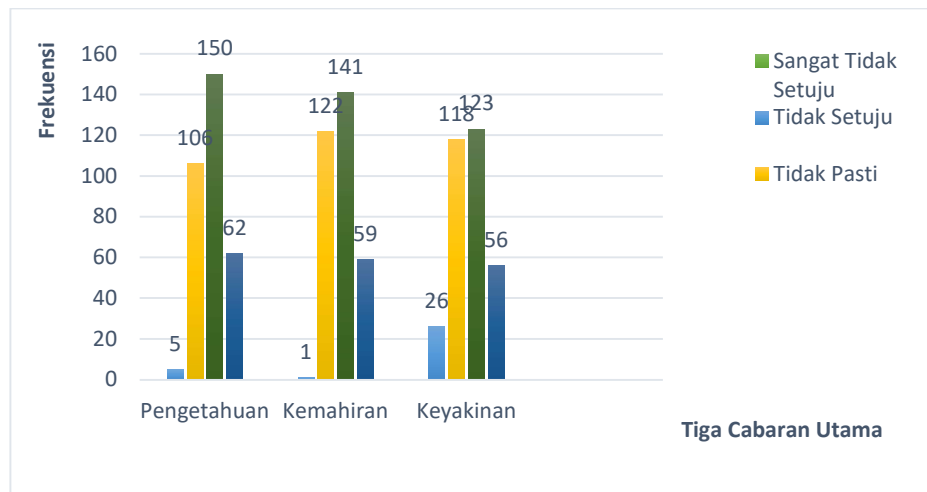
Bahagian ini akan menjawab objektif kajian 1 iaitu mengenal pasti tahap cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM sekolah menengah di Sabah menerusi 15 item dalam soal selidik. Analisis deskriptif adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.

Jadual 2. Cabaran Penggunaan Kecerdasan Buatan Generatif dalam Pendidikan STEM

No	Pernyataan Item	Min	Sisihan Piawai	Tahap Persetujuan
1	Kurang menguasai pengetahuan teknologi.	4.67	.678	Sangat Tinggi
2	Kurang kemahiran penggunaan teknologi.	4.65	.864	Tinggi
3	Tidak mendapat bimbingan secukupnya berkaitan penggunaan teknologi.	4.03	.770	Tinggi
4	Kekangan masa untuk mencuba teknologi tersebut.	4.26	.821	Tinggi
5	Sukar untuk mengintegrasikan teknologi dalam kurikulum.	4.28	.340	Tinggi
6	Kekurangan sumber rujukan untuk penggunaan.	3.67	.826	Tinggi
7	Peranti digital untuk kegunaan murid tidak mencukupi.	3.56	.775	Sederhana
8	Capaian internet di sekolah yang tidak stabil.	3.03	.431	Sederhana
9	Keadaan bilik darjah yang kurang kondusif.	4.31	.812	Tinggi
10	Tiada khidmat sokongan teknikal penggunaan teknologi.	3.90	.534	Tinggi
11	Guru kurang berminat menggunakan teknologi terkini.	4.09	.321	Tinggi
12	Kurang pendedahan berkaitan manfaat kecerdasan buatan generatif.	4.39	.771	Tinggi
13	Tiada sokongan daripada pihak pentabdir.	3.71	1.207	Tinggi
14	Kurang keyakinan menggunakan teknologi terkini.	4.61	.768	Tinggi
15	Persekitaran sekolah yang tidak menyokong penggunaan teknologi.	3.21	.531	Tinggi
Min Cabaran Keseluruhan		3.90	.764	Tinggi

Berdasarkan Jadual 2, responden menunjukkan tahap persetujuan tinggi bagi kesemua item kecuali item 7 dan 8 (tahap sederhana) serta item 11 (tahap rendah). Didapati, tiga cabaran utama yang mempunyai tahap persetujuan yang tertinggi adalah dari aspek pengetahuan (min=4.67, SP= .678), kemahiran (min=4.65, SP= .864) dan keyakinan terhadap penggunaan teknologi (min=4.61, SP= .768). Secara keseluruhan, tahap persetujuan bagi cabaran

menggunakan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM adalah tinggi ($M= 3.90$, $SP= .764$). Seterusnya, Graf 2 memaparkan taburan persetujuan bagi tiga cabaran utama berdasarkan skor min (M).



Rajah 3. Taburan Cabaran Utama mengikut Frekuensi

Berdasarkan Rajah 3, didapati 65.6% responden bersetuju dan sangat bersetuju bahawa aspek pengetahuan merupakan cabaran utama terhadap penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam kalangan guru sains di Sabah. Peratusan ini lebih tinggi berbanding aspek kemahiran (61.9%) dan keyakinan diri (55.4%).

Perbezaan Tahap Cabaran Menggunakan Kecerdasan Buatan Generatif dalam pendidikan STEM berdasarkan Pengalaman Mengajar

Seterusnya, Jadual 3 menunjukkan perbezaan min cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM menurut perspektif guru sains berdasarkan faktor pengalaman mengajar guru.

Jadual 3. Perbezaan Min Cabaran Penggunaan berdasarkan Pengalaman Mengajar

Pengalaman Mengajar	N	Min	Sisihan Piawai	df	F	Sig.
Kurang dari 3 (Guru Novis)	69	3.97	0.537			
4 hingga 9 tahun (Guru Cepak)	93	4.07	0.516			
10 hingga 15 tahun (Guru Mahir)	84	4.01	0.383			
Lebih daripada 15 tahun (Guru Veteran)	77	4.33	0.156			
Antara Kumpulan				2	0.359	0.037
Dalam Kumpulan				321		

* $p < .05$

Berdasarkan Jadual 3, wujud perbezaan min yang signifikan cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif bagi guru sains berdasarkan pengalaman mengajar. Didapati, guru yang mempunyai pengalaman mengajar melebihi 15 tahun mencatatkan skor min tertinggi ($M=4.33$, $SP=0.156$), diikuti dengan guru yang berpengalaman 4 hingga 9 tahun ($M=4.07$, $SP=0.516$). Manakala, guru yang mempunyai pengalaman mengajar kurang dari 3 tahun atau dikenali sebagai guru novis menunjukkan skor min yang paling rendah ($M=3.97$, $SP=0.537$). Kesimpulannya, berdasarkan persepsi guru-guru sains di Sabah, guru veteran didapati berhadapan dengan cabaran yang lebih besar dalam menggunakan kecerdasan buatan generatif berbanding kumpulan guru yang lain.

Perbincangan

Tahap Cabaran Penggunaan Kecerdasan Buatan Generatif dalam Kalangan Guru Sains di Sabah

Hasil penelitian kajian ini mengesahkan, berdasarkan persepsi guru sains di Sabah, tahap cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif adalah tinggi. Dapatan ini konsisten dengan penemuan kajian lepas seperti kajian Akgun & Greenhow (2022). Menurut pengkaji, para guru mengandaikan penggunaan teknologi inovatif seperti kecerdasan buatan generatif adalah suatu inovasi terbaharu dalam pendidikan semasa. Implikasinya, guru perlu masa yang lebih dalam mempelajari, memahami dan mempraktikkan teknologi tersebut. Kenyataan ini turut dipersetujui oleh Celik (2023) di mana dalam kajian tersebut, pengkaji berpendapat, cabaran penggunaan teknologi mempengaruhi tahap penggunaan suatu teknologi. Menurut Yue et al. (2023), semakin tinggi tahap cabaran penggunaan, semakin rendah tahap penggunaan suatu teknologi. Dapatan ini turut diperkuatkan lagi menerusi kajian Lameris & Arnab (2021). Ironinya, Wang et al. (2023) mendapati, tahap cabaran tersebut adalah minima khususnya dalam kalangan guru sains dan matematik memandangkan pengajaran subjek STEM menekankan integrasi teknologi dalam penyampaian kandungan pelajaran. Implikasinya, cabaran penggunaan teknologi adalah pada tahap minima kerana didapati guru STEM sentiasa bersedia menggunakan kecerdasan buatan generatif.

Tiga Cabaran Utama Penggunaan Kecerdasan Buatan Generatif dalam Kalangan Guru Sains di Sabah

Secara umumnya, tinjauan lepas mengesahkan bahawa pengetahuan merupakan salah satu elemen penting dalam membantu guru beradaptasi dengan teknologi baharu (Pokrivcakova, 2024). Menurut Kim dan Kwon (2023), tahap pengetahuan khususnya pengetahuan teknologi yang minima dikenal pasti sebagai cabaran utama yang dihadapi oleh majoriti guru. Dapatan kajian ini konsisten dengan kajian Wardat et al. (2023) dan Celik (2023). Senario ini menyebabkan tahap kefahaman guru terhadap penggunaan teknologi kecerdasan buatan minima dan pada akhirnya menyebabkan guru menolak penggunaan teknologi tersebut dalam pengajaran (Wang et al., 2023; Yue et al., 2023). Chiu dan Chai (2020) melaporkan, tanpa pengetahuan, guru akan bergantung sepenuhnya dengan bimbingan luaran. Sekiranya tidak mendapat bimbingan sewajarnya, guru akan menolak penggunaan kecerdasan buatan generatif kerana mempunyai beranggapan ia sukar untuk dilaksanakan dalam PdP dan kehidupan seharian. Selain aspek pengetahuan, aspek kemahiran teknologi turut dikenal pasti sebagai faktor penyumbang kepada cabaran penggunaan teknologi ini. Hal ini kerana, aplikasi teknologi baharu dalam proses pengajaran amat memerlukan guru menguasai pelbagai kemahiran seperti kemahiran memadankan teknologi dengan strategi pengajaran yang sesuai (Karimov et al., 2023). Menurut Songheang et al. (2023), tahap kemahiran yang minima membataskan peluang guru untuk mencuba kecerdasan buatan.

Walaupun majoriti guru menguasai kemahiran menggunakan teknologi asas seperti mengurus data menggunakan perisian *Microsoft Excel* mahupun pencarian maklumat menerusi platform seperti *Google*, namun, didapati guru kurang berkemahiran dalam memilih aplikasi kecerdasan buatan yang bertepatan dengan keperluan dan pencapaian murid. Tambahan pula, dalam konteks kajian ini, guru sains perlu mahir dalam memilih aplikasi yang dapat meningkatkan penguasaan konsep sains dan kemahiran proses sains murid. Akhir sekali, tahap keyakinan yang minima turut disahkan sebagai cabaran utama penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pengajaran Sains. Dapatan ini sepadan dengan dapatan kajian Wang et al. (2022) dan Ismaila et al. (2024). Secara umumnya, keyakinan beradaptasi dengan teknologi baharu akan wujud sekiranya guru diberi pendedahan dan kefahaman berkaitan kecerdasan buatan generatif dengan sewajarnya. Kelly et al. (2023) dalam kajiannya mengesahkan, keyakinan diri yang minima menyebabkan guru hilang kepercayaan terhadap penggunaan suatu teknologi. Tahap keyakinan yang minima membataskan keupayaan guru untuk beradaptasi dengan kecerdasan buatan generatif (Collie dan Martin, 2024). Menurut Kong et al. (2024), aspek keyakinan diri turut mempengaruhi motivasi guru menggunakan teknologi tersebut. Hakikatnya, walaupun tahap kesediaan guru terhadap penggunaan teknologi adalah tinggi, namun tanpa keyakinan, guru masih berhadapan dengan cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif (Ghimire & Edwards, 2024). Namun begitu, dapatan kajian ini adalah bertentangan dengan dapatan kajian Akgun dan Greenhow, (2022), yang mengesahkan bahawa 70.49% responden mempunyai tahap keyakinan yang tinggi terhadap penggunaan kecerdasan buatan generatif. Menurut pengkaji, tahap keyakinan guru adalah dalam keadaan memuaskan kerana guru berpendapat, mereka telah diberi bimbingan dan latihan secukupnya berkaitan penggunaan teknologi tersebut dalam pendidikan STEM.

Perbezaan Tahap Cabaran Penggunaan Kecerdasan Buatan Generatif berdasarkan Faktor Pengalaman Mengajar

Selanjutnya, wujud perbezaan signifikan tahap cabaran penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM berdasarkan faktor pengalaman mengajar. Analisis kajian menunjukkan kumpulan guru veteran iaitu guru yang mempunyai pengalaman mengajar melebihi 15 tahun didapati menghadapi cabaran yang lebih besar berbanding kumpulan guru yang lain. Dapatan ini disokong penuh oleh Ning et al. (2024). Menurut pengkaji, guru veteran tidak mempunyai keinginan untuk mencuba pembaharuan seperti aplikasi teknologi terkini. Tambahan pula, bukan semua guru veteran berpeluang menyertai kursus penggunaan teknologi yang disediakan. Sebaliknya, tahap cabaran kumpulan guru novis dikenalpasti paling minima. Secara ringkasnya, guru novis diandaikan telah mendapat pendedahan awal berkaitan penggunaan teknologi tersebut semasa di peringkat pengajian lagi. Ironinya, Yue et al. (2024) mendapati tahap cabaran yang dihadapi oleh kumpulan guru novis adalah jauh lebih tinggi berbanding kumpulan guru yang lain. Rasionalnya, guru novis dianggap kurang pengalaman dalam melaksanakan transformasi kurikulum. Selain itu, menurut Chen et al. (2020), guru novis lebih cenderung menghabiskan masa untuk melengkapkan silibus subjek sains berbanding mempelajari dan mengaplikasikan teknologi dalam pengajaran.

Kesimpulan

Secara umumnya, memandangkan tahap aspek pengetahuan dan kemahiran dikenalpasti sebagai cabaran utama penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan Sains, pihak pemegang taruh seperti Jabatan Pendidikan Negeri (JPN) dan Pejabat Pendidikan Daerah (PPD) perlu merangka dan melaksanakan lebih banyak program seperti bengkel dan seminar untuk memperkasakan lagi penggunaan teknologi tersebut. Program berstruktur dan inklusif tersebut seharusnya lebih tertumpu kepada pembangunan kapasiti dan literasi digital dalam kalangan guru sains. Sebagai contoh, program bimbingan dan latihan ini boleh disepadukan dalam program Pembangunan Komuniti Pembelajaran Profesional (PLC). Menerusi program tersebut, para guru berkongsi amalan terbaik berkaitan penggunaan teknologi kecerdasan buatan generatif dalam pengajaran. Peningkatan kapasiti dan literasi digital tersebut sudah pasti membantu meningkatkan keupayaan diri sendiri supaya lebih berkeyakinan menggunakan teknologi tersebut. Di samping itu, program yang dirangka perlu melibatkan penyertaan lebih ramai guru veteran. Sebagai contoh, Program Mentor Digital Veteran (MDV) boleh dilaksanakan dimana guru muda dengan kemahiran teknologi yang lebih baik membimbing kumpulan guru veteran. Menerusi program tersebut, kumpulan guru muda berupaya memberi bimbingan dan bantuan dari segi teknikal aplikasi teknologi terkini. Sesungguhnya, dengan pendekatan yang tepat dan tindakan penambahbaikan yang komprehensif, penggunaan kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan STEM sudah pasti mampu memberikan pelbagai impak positif, baik kepada guru mahupun murid dan sekaligus meningkatkan kualiti pendidikan STEM di Sabah.

Batasan dan Kajian Lanjutan

Sebagai usaha menambahbaik pendidikan Sains dan memperkasa pendidikan digital di Malaysia, terdapat beberapa cadangan bagi kajian lanjutan yang boleh diberi perhatian sewajarnya. Pertama, memandangkan kajian berkaitan cabaran penggunaan teknologi inovatif seperti kecerdasan buatan ini belum diterokai sepenuhnya, maka wujud keperluan untuk menjalankan penelitian berkaitan persepsi guru di peringkat sekolah rendah pula. Selain itu, kajian lanjutan juga boleh melibatkan lebih ramai responden khususnya bukan guru STEM. Bagi menambah input kajian, lokasi kajian juga boleh diperluas ke seluruh Malaysia. Dapatan kajian tersebut sudah pasti berguna kepada pemegang taruh khususnya dalam merangka program penambahbaikan pelaksanaan pendidikan digital.

Konflik Kepentingan

Penulis mengisytiharkan bahawa tiada sebarang konflik kepentingan berkaitan dengan penerbitan artikel ini.

Penghargaan

Sekalung penghargaan dan terima kasih ditujukan kepada Universiti Malaysia Sabah atas segala bantuan, panduan, dan kemudahan yang telah diberikan sepanjang proses penyelidikan dan penulisan ini dijalankan.

Rujukan

- Akgun, S., Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 2(3), 431-440.
- Beege, M., Hug, C., & Nerb, J. (2024). AI in STEM education: The relationship between teacher perceptions and ChatGPT use. *Computers in Human Behavior Reports*, 16, 100494.
- Burger B, Kanbach DK, Kraus S, Breier M, Corvello V. (2023). On the use of AI-based tools like ChatGPT to support management research. *European Journal of Innovation Management*, 26(7):233–241.
- Celik, I., Dindar, M., & Muukkonen, H. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *Techtrends*, 66, 616–630.
- Chen, X. (2020). The role of virtual laboratories in science education. *Education and Information Technologies*, 25(6), 4887-4903.
- Chen, L., Chen, P. dan Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278.
- Chiu, T. K., & Chai, C. S. (2020). Sustainable curriculum planning for artificial intelligence education: A self-determination theory perspective. *Sustainability*, 12(14), 5568.
- Chiu, T.K., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C.S., Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118.
- Collie, R. J., & Martin, A. J. (2024). Teachers' motivation and engagement to harness generative AI for teaching and learning: The role of contextual, occupational, and background factors. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, Article 100224
- Karimov, A., Saarela, M., & Kärkkäinen, T. (2023). Clustering to define interview participants for analyzing student feedback: A case of Legends of Learning. In M. Feng, T. Käser, & P. Talukdar (Eds.), *Proceedings of the 16th International Conference on Educational Data Mining* (pp. 234-243).
- Kelly, S., Kaye, S. A. & Oviedo-Trespalacios, O.2023. What Factors Contribute to The Acceptance of Artificial Intelligence? A Systematic Review. *Telematics and Informatics*. 77.
- Kim, K. & Kwon, K. (2023). Exploring the AI competencies of elementary school teachers in South Korea. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1-28.
- Kong, S. C., Yang, Y., & Hou, C. (2024). Examining teachers' behavioural intention of using generative artificial intelligence tools for teaching and learning based on the extended technology acceptance model. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, Article 100328
- Krejcie, R.V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30, 607-610.
- Lameras, P., Arnab, S. (2021). Power to the teachers: An exploratory review on artificial intelligence in education. *Information*, 13(1), 14.
- Landell, K. (1997). *Management by Menu*. Wiley & Sons Inc.
- Liu, M., Zhang, L. J. & Biebricher, C. (2024). Investigating students' cognitive processes in generative AI-assisted digital

Cabaran dan Potensi Kecerdasan Buatan Generatif dalam Pendidikan STEM: Suara Guru Sains di Sabah. *Innovative Teaching and Learning Journal*, 9 (1), 316–325.

multimodal composing and traditional writing. *Computers & Education*, 211.

Maghsudi, S., Lan, A., Xu, J., & van Der Schaar, M. (2021). Personalized education in the artificial intelligence era: What to expect next. *IEEE Signal Processing Magazine*, 38, 37–50.

Martin, F., Min, Z. & Schaefer, D. (2024). Systematic review of research on artificial intelligence in K-12 education (2017–2022). *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6.

Ning, Y., Zhang, C., Xu, B., Zhou, Y. & Wijaya, T.T. (2024). Teachers' AI-TPACK: Exploring the relationship between knowledge elements. *Sustainability*, 16, 978.

Rais, R. A. & Rashid, S. M. (2023). Practice knowledge of the use of teaching technology materials among preschool teachers. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 12(3), 755–763.

Wang, X., Li, L., Tan, C. S., Yang, L. & Lei, J. (2023). Preparing for AI-enhanced education: Conceptualizing and empirically examining teachers' AI readiness. *Computers in Human Behavior*, 146.

Wardat, Y., Tashtoush, M. A., Alali, R., & Saleh, S. (2024). Artificial Intelligence in education: Mathematics teachers' perspectives, practices and challenges. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, 5(1), 60-77.

Yue, M. Jong, M. S., Ng, K. D. (2024). Understanding K–12 teachers' technological Pedagogical content knowledge readiness and attitudes toward artificial intelligence education. *Education and Information Technologies*. 1-32.

Zakaria, M., Ahmad, J. H., Bahari, R., Hasan, S. J., & Zolkafil, S. (2021). Benefits and challenges of adopting Google Classroom in Malaysian university: Educators' perspectives. *İlköğretim Online*, 20(1), 1297–1304.