



INTERNATIONAL JOURNAL OF
MODERN EDUCATION
(IJMOE)

www.gaexcellence.com/ijmoe



KAJIAN TINDAKAN: MEMPERKASA PEMIKIRAN KRITIS DAN PEMBELAJARAN KENDIRI DALAM SUBJEK SAINS TINGKATAN 1 MELALUI AI

EMPOWERING CRITICAL THINKING AND SELF-DIRECTED LEARNING IN FORM 1 SCIENCE SUBJECT THROUGH AI: AN ACTION RESEARCH

Miza Syahirah Mohd Faizal^{1*}, Kamisah Osman²

¹Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia.

 p143374@siswa.ukm.edu.my

 <https://orcid.org/0009-0002-9310-4935>

²Pusat Kajian Pembudayaan STEM, Universiti Kebangsaan Malaysia.

 kamisah@ukm.edu.my

 <https://orcid.org/0000-0003-4734-8031>

*Corresponding Author

Article Info:

Article history:

Received date: 04.02.2026

Revised date: 14.01.2026

Accepted date: 24.02.2026

Published date: 05.03.2026

To cite this document:

Mohd Faizal, M. S., & Osman, K. (2026). Kajian Tindakan: Memperkasa Pemikiran Kritis Dan Pembelajaran Kendiri Dalam Subjek Sains Tingkatan 1 Melalui Ai. *International Journal of Modern Education*, 8(29), 679-699.

Abstrak:

Kajian tindakan ini bertujuan menilai keberkesanan integrasi Kecerdasan Buatan (AI), khususnya ChatGPT dalam meningkatkan pemikiran kritis dan pembelajaran sendiri murid Tingkatan 1 bagi mata pelajaran Sains. Seramai 38 orang murid daripada sebuah kelas Sains terlibat dalam intervensi selama lapan minggu yang dilaksanakan melalui tiga kitaran tindakan berfokus kepada penguasaan kemahiran *prompting*, pembinaan soalan beraras tinggi serta tugas aplikasi dan pembentangan kumpulan. Data dikumpulkan melalui ujian pra dan pasca yang mengandungi 40 item Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT), borang pemerhatian berstruktur dan refleksi murid melalui platform Padlet. Analisis statistik deskriptif menunjukkan peningkatan min skor daripada ujian pra ($M=44.37$, $SD=15.90$) kepada ujian pasca ($M=58.24$, $SD=17.11$), menunjukkan peningkatan pencapaian yang ketara selepas intervensi. Analisis tema pula mendapati peningkatan dalam kemahiran *prompting*, keupayaan membina soalan, tahap penglibatan serta perkembangan pembelajaran sendiri. Dapatan ini menegaskan bahawa penggunaan AI secara terancang dan berstruktur berpotensi memperkukuh pencapaian akademik, pemikiran kritis dan autonomi pembelajaran murid dalam PdPc Sains.

Kecerdasan Buatan, ChatGPT, Pemikiran Kritis, Pembelajaran
Kendiri, Pendidikan Sains

Abstract:

This action research aimed to evaluate the effectiveness of integrating Artificial Intelligence (AI), specifically ChatGPT, in enhancing critical thinking and self-directed learning among Form 1 students in science. A total of 38 students from one class participated in an eight-week intervention, implemented through three action cycles focusing on prompting skills mastery, higher-order question construction, and group presentations. Data were collected using pre- and post-tests consisting of 40 Higher-Order Thinking Skills (HOTS) items, structured classroom observation checklists, and students' reflections via the Padlet platform. Descriptive statistical analysis indicated an increase in mean scores from the pre-test ($M=44.37$, $SD=15.90$) to the post-test ($M=58.24$, $SD=17.11$), demonstrating a significant improvement in achievement following the intervention. Thematic analysis further revealed improvements in prompting skills, question construction ability, level of engagement, and the development of self-directed learning. These findings underscore that a planned and structured use of AI has the potential to strengthen academic achievement, critical thinking, and learner autonomy in science teaching and learning.



© The authors (2026). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. For commercial re-use, please contact ijmoe@gaexcellence.com

Keyword:

Artificial Intelligence, ChatGPT, Critical Thinking, Self-Directed Learning, Science Education

Pengenalan

Pendidikan Sains di Malaysia memainkan peranan penting dalam menyokong agenda STEM (*Science, Technology, Engineering & Mathematics*) negara yang menekankan pembangunan murid kreatif, kritis dan berkeupayaan menyelesaikan masalah (Abdullah et al., 2024). Namun begitu, budaya pengajaran dan pembelajaran (PdP) yang masih berorientasikan peperiksaan, menghadkan ruang pembelajaran yang lebih bermakna dan menyebabkan murid cenderung bergantung pada guru sekolah mahupun tenaga pengajar dari pusat-pusat tuisyen untuk memahami konsep Sains (Muda et al., 2024; Kenayathulla, 2023). Situasi ini turut diperhatikan oleh pengkaji, di mana murid Tingkatan 1 mampu menguasai konsep asas tetapi kurang mahir menjawab soalan aplikasi, analisis dan soalan berstruktur yang telah diubahsuai.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan kini membuka potensi baharu dalam PdP melalui penyampaian maklum balas segera, latihan adaptif dan peluang pembelajaran yang lebih bersifat sendiri (Xu & Ouyang, 2022). AI seperti ChatGPT berupaya memberi penjelasan terperinci, menjana contoh-contoh relevan dan mudah difahami, membantu murid membina soalan, serta menggalakkan interaksi bermakna yang lebih aktif (Gokcearslan et al., 2024; Cheung et al., 2024). Walaupun AI menunjukkan anjakan dalam corak pendidikan yang memberangsangkan, alat kecerdasan buatan itu tidak bebas daripada risiko seperti keraguan

input, bias dan kekeliruan maklumat yang memerlukan semakan silang (*cross-checking*) dan bimbingan guru yang sewajarnya (Akgun & Greenhow, 2022; Chinta et al., 2024).

Seiring dengan perkembangan teknologi, pelbagai kajian telah dijalankan dan menunjukkan potensi AI dalam meningkatkan produktiviti akademik di Malaysia; namun, kebanyakan kajian-kajian tersebut lebih tertumpu kepada pendidikan tinggi dan institusi perguruan (Azman & Shafi, 2025; Sabli et al., 2024; Daud et al., 2024). Hal ini menggariskan satu jurang penerokaan teknologi AI dalam konteks sekolah menengah di Malaysia, khususnya dalam mata pelajaran Sains.

Melihat potensi dan cabaran ini, kajian tindakan ini dijalankan bagi (1) mengenalpasti kesan penggunaan kecerdasan buatan (AI) terhadap pencapaian murid dalam matapelajaran Sains; dan (2) meneroka pengaruh penggunaan AI terhadap keupayaan murid untuk berfikir secara kritis dan belajar secara berdikari bagi mata pelajaran Sains dalam kalangan murid Tingkatan 1.

Sorotan Literatur

Pemikiran Kritis dan Pembelajaran Kendiri

Pemikiran kritis merupakan kemahiran teras Pendidikan Sains yang melibatkan kemampuan menilai bukti, membina inferens dan membuat pertimbangan berasaskan logik (Kalukar et al., 2024; Schroeder, 2024). Namun, banyak kajian menunjukkan pelajar Malaysia masih berada pada tahap rendah hingga sederhana dalam aspek analisis dan penilaian (Fadhullah & Ahmad, 2017). Hal ini berkait rapat dengan pendekatan PdP berpusatkan guru yang menekankan penerimaan maklumat pasif (Sharma, 2024).

Pembelajaran sendiri pula melibatkan kemampuan murid mengawal matlamat, strategi dan penilaian pembelajaran mereka (Foxworthy & McCarter, 2025). Kajian Lepper, Greene dan Nisbett (1973) menunjukkan bahawa autonomi pelajar meningkat apabila motivasi intrinsik dipupuk, bukan melalui ganjaran ekstrinsik. Alwadaeen dan Piller (2022) menegaskan bahawa pembelajaran sendiri boleh dipupuk seawal sekolah rendah melalui aktiviti inkuiri dan penerokaan digital. Kedua-dua elemen ini saling menyokong dan diperlukan dalam amalan pembelajaran Sains.

Penggunaan AI dalam Pendidikan

Integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan Sains semakin mendapat perhatian global kerana potensinya dalam menyokong pemahaman konseptual, pemikiran kritis dan pembelajaran sendiri. Dalam konteks pembelajaran Sains menengah rendah, AI menawarkan keupayaan menyesuaikan penyampaian kandungan, memberikan maklum balas segera serta mewujudkan pengalaman pembelajaran yang bersifat interaktif dan autentik (Mayasari et al., 2024; Nawaz, 2024). Hal ini relevan dalam sistem pendidikan Malaysia yang sedang berhadapan dengan cabaran kelas besar, kekangan masa dan kepelbagaian tahap keupayaan murid (Norazman et al., 2021).

Oleh yang demikian, penggunaan tutor pintar AI dan kurikulum tersuai meningkatkan literasi saintifik dan kemahiran penaakulan murid melalui interaksi berulang atau berkonsep drilling (Mayasari et al., 2024). AI membolehkan murid menguji kefahaman secara sendiri melalui

penghasilan jawapan mereka sendiri, semakan sendiri dan perbandingan dengan penjelasan alternatif yang dijana oleh AI. Mekanisme ini menepati prinsip kognitivisme yang menekankan proses pemahaman berlaku melalui organisasi maklumat dan pengurangan beban kognitif (Anjali, 2024).

Di samping itu, satu kajian oleh Nawaz (2024) menegaskan bahawa simulasi maya berasaskan AI menggalakkan murid untuk membuat keputusan saintifik yang memerlukan aplikasi konsep, analisis risiko dan perbandingan pembolehubah. Keupayaan murid menukar pembolehubah secara langsung dalam makmal maya membantu mereka memahami hubungan sebab-akibat (*cause-effect*) yang merupakan asas pemikiran saintifik aras tinggi dalam Pendidikan Sains. Tambahan pula, interaksi bersama AI mewujudkan ruang dialog kognitif yang tidak selalu boleh berlaku dalam kelas tradisional (Gokcearslan et al., 2024). Murid dapat mencabar AI, mempertikaikan jawapan dan meminta penjelasan tambahan. Proses ini membangunkan aktiviti mental seperti verifikasi, analisis, sintesis dan refleksi, lalu memupuk pemikiran kritis yang lebih berkembang (Cheung et al., 2024).

Namun begitu, integrasi AI turut mempunyai cabaran signifikan. Risiko kebergantungan, keraguan maklumat dan kekeliruan input daripada AI disebabkan keluasan informasi yang disimpan oleh AI merupakan dapatan yang konsisten dalam pelbagai kajian antarabangsa mahupun tempatan (Akgun & Greenhow, 2022; Giray et al., 2025). Hal ini menuntut murid untuk dilatih menggunakan AI secara reflektif, bukannya menerima maklumat secara pasif. Dalam kajian tindakan ini, kemahiran *prompting* yang diperkenalkan pada Kitaran 1 berfungsi untuk memastikan murid mengawal konteks pembelajaran, mengurangkan kesilapan maklumat dan meningkatkan kejelasan respons AI.

Bagi konteks lokal pula, penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan Malaysia juga semakin diperkukuh melalui integrasi yang pelbagai seperti penggunaan e-pembelajaran, *Learning Management System (LMS)* dan *Massive Open Online Course (MOOC)* untuk membentuk persekitaran pembelajaran yang adaptif, responsif dan berpusatkan pelajar (Mohamad et al., 2024). Dari aspek dan konteks tempatan, jelas menunjukkan bahawa AI berpotensi mendukung pembelajaran sendiri, meningkatkan interaktiviti, memperluas kebolehcapaian maklumat dan potensi pelajar serta menyokong peningkatan prestasi pelajar melalui sistem analitik dan tutor maya (Tumiran et al., 2025). Bukan sahaja pelajar yang mendapat manfaat dengan penggunaan generatif AI yang benar, dalam sektor pengajian tinggi, penggunaan generatif AI seperti ChatGPT dilaporkan mempunyai hubungan signifikan terhadap prestasi penyelidikan tenaga pengajar juga iaitu para pensyarah, khususnya dari aspek kecekapan analisis, penjanaan idea dan kualiti penulisan akademik (Azman & Shafi, 2025). Secara keseluruhan, dapatan ini menegaskan bahawa AI berkeupayaan sebagai pemangkin inovasi pedagogi dan penyelidikan dalam ekosistem pendidikan Malaysia, akan tetapi, pelaksanaannya perlu diseimbangkan dengan prinsip AI yang bertanggungjawab, berintegriti dan menekankan perlindungan data bagi memastikan impaknya bersifat lestari dan beretika.

Keseluruhannya, tinjauan literatur menunjukkan bahawa AI mampu menyokong pemikiran aras tinggi dan pembelajaran sendiri apabila digunakan secara berstruktur, diselia dan berpandukan teori pembelajaran yang kukuh. Dapatan ini memberikan rasional kukuh kepada intervensi kajian tindakan ini, terutamanya dalam konteks Sains Tingkatan 1 yang menuntut pembinaan konsep asas dan kemahiran inkuiri.

Teori Pembelajaran dalam Mengintegrasikan AI

Penggunaan AI dalam pengajaran dan pembelajaran tidak boleh dipisahkan daripada asas teori pembelajaran yang menyokong keberkesannya. Empat rangka teori utama yang digunakan dalam kajian ini ialah behaviorisme, kognitivisme, konstruktivisme dan sosio-konstruktivisme. Dari sudut behaviorisme, AI berfungsi sebagai agen peneguhan melalui maklum balas segera dan automatik (Gibson et al., 2023). Respons AI yang menyokong jawapan betul atau membetulkan kesilapan serta-merta telah membantu membentuk tingkah laku pembelajaran positif yang lebih konsisten. Dalam konteks kajian ini, penggunaan ChatGPT untuk menyemak soalan murid memperlihatkan maklum balas segera daripada AI membantu murid mengukuhkan kefahaman.

Teori kognitivisme menekankan peranan AI dalam mengorganisasi maklumat, mengurangkan beban kognitif dan menyediakan struktur pembelajaran yang sistematik (Anjali, 2024). Penjelasan AI yang terperinci tetapi teratur membantu murid Tingkatan 1 memahami konsep abstrak seperti atom, sel atau fenomena ekosistem. Namun begitu, AI turut boleh mewujudkan 'ilusi kefahaman' sekiranya murid tidak dilatih menilai maklumat, sekaligus menjadi murid penerima input yang pasif (Agbo et al., 2025). Di samping itu, teori sosio-konstruktivisme oleh Vygotsky menekankan pembelajaran melalui interaksi sosial dan *scaffolding*. AI boleh berfungsi sebagai *scaffold* digital yang mengisi jurang kefahaman murid dan bertindak dalam Zon Perkembangan Proksimal (ZPD) mereka (Zhou & Schofield, 2024). Akan tetapi, interaksi manusia masih lagi diperlukan dan kritikal. Sharples (2023) menegaskan bahawa AI tidak boleh menggantikan peranan interaksi atau komunikasi antara rakan sebaya mahupun guru.

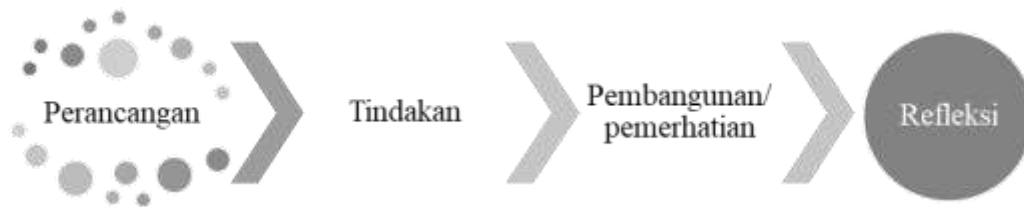
Kesimpulannya, teori pembelajaran memberikan asas kukuh yang menyokong keberkesanan AI dalam kajian ini. Kecerdasan buatan bukan sekadar alat teknologi tetapi alat pedagogi yang sejajar dengan proses kognitif, tingkah laku dan sosial murid.

Metodologi

Kajian ini menggunakan pendekatan kajian tindakan dalam konteks PdPc Sains menengah rendah bagi membolehkan pengkaji mengenalpasti isu sebenar bilik darjah, merancang intervensi, melaksanakan intervensi dalam situasi sebenar dan menilai keberkesannya melalui refleksi berterusan. Pendekatan ini bersifat fleksibel serta praktikal, justeru mod campuran (*mixed methods*) digunakan bagi memperoleh gambaran menyeluruh tentang impak penggunaan AI. Kaedah kuantitatif menilai perubahan pencapaian murid melalui ujian pra dan pasca. Manakala kaedah kualitatif meneroka perubahan tingkah laku pembelajaran melalui pemerhatian pengkaji serta, maklum balas dan refleksi murid. Gabungan ini menyokong penambahbaikan amalan PdPc secara sistematik dan reflektif.

Seramai 38 murid Tingkatan 1 program DLP (*Dual-language Programme*) terlibat dalam kajian tindakan ini dan mereka terdiri daripada pelbagai kaum, serta menunjukkan minat tinggi terhadap Sains. Namun, mereka mempunyai satu isu utama iaitu kefahaman konsep sains serta kebergantungan terhadap guru dan pusat tuisyen. Kumpulan ini dipilih kerana kesediaan menggunakan teknologi serta keperluan meningkatkan prestasi Sains, pembelajaran berdikari dan pemikiran kritis melalui intervensi berasaskan AI. Di samping itu, kumpulan murid ini merupakan anak murid pengkaji yang telah dididik dalam tempoh waktu tertentu, membolehkan pengkaji mengenalpasti kelemahan, keperluan serta potensi setiap individu.

Prosedur kajian ini menggunakan model kajian tindakan yang diadaptasi daripada Mertler (2024) yang menggariskan empat langkah utama: (1) perancangan, (2) tindakan, (3) pembangunan dan pemerhatian, dan (4) refleksi terhadap hasil pelaksanaan.



Rajah 1: Mertler (2012) Clinical Model of Action Research

Fasa kajian ini merangkumi lima langkah utama.

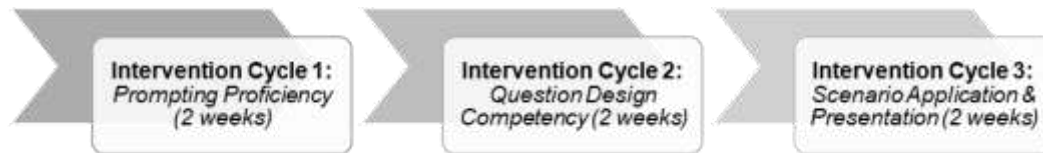
1. *Pemerhatian dan Refleksi Awal*: Penyelidik mengenalpasti masalah pembelajaran murid melalui ujian pra dan pemerhatian.
2. *Perancangan Tindakan*: Perancangan intervensi berasaskan AI (ChatGPT, Google Gemini) dilaksanakan dengan fokus utama terhadap kemahiran bertanya, meneroka konsep secara bebas dan menyemak kefahaman secara kritis.
3. *Pelaksanaan*: Intervensi dijalankan secara berperingkat dalam kelas selama lapan minggu dengan bimbingan dan pemantauan guru.
4. *Pemerhatian dan Pengumpulan Data*: Tingkah laku, penglibatan murid serta kualiti soalan dan jawapan diperhatikan dan direkodkan.
5. *Refleksi dan Penambahbaikan*: Maklum balas murid dianalisis untuk menambah baik intervensi sebelum kitaran seterusnya.

Jadual 1: Penstrukturan Fasa Kajian Tindakan

<i>Langkah Kajian</i>	<i>Fasa Mertler (2012, 2020, 2024)</i>	<i>Huraian Ringkas</i>	<i>Instrumen Kajian</i>
<i>Pemerhatian & Refleksi Awal</i>	<i>Planning</i> (Perancangan)	Isu pembelajaran dikenalpasti: murid kurang berdikari, pemikiran kritis lemah.	<i>Set soalan ujian pra & pasca (40 item pelbagai topik dan aras)</i>
<i>Perancangan Tindakan</i>	)	Rancang intervensi: penggunaan AI (ChatGPT, etc.) fokus kepada soalan, penerokaan dan kefahaman sendiri.	
<i>Pelaksanaan</i>	<i>Acting</i> (Pelaksanaan)	Pelaksanaan intervensi AI (3 kitaran) dalam kelas dengan pemantauan pengkaji.	<i>Borang Pemerhatian</i>
<i>Pemerhatian & Pengumpulan Data</i>	<i>Developing / Observing</i> (Pemerhatian)	Pemerhatian terhadap penglibatan murid, kualiti soalan dan respons.	
<i>Refleksi & Penambahbaikan</i>	<i>Reflecting</i> (Refleksi)	Analisis maklumbalas dan refleksi terhadap intervensi untuk penambahbaikan.	<i>Respons maklum balas dan refleksi murid di platform Padlet</i>

Perincian Kitaran Intervensi

Bagi memastikan pelaksanaan intervensi dapat memberi impak maksimum terhadap pembelajaran murid, pengkaji telah merancang dan membahagikan pelaksanaan intervensi kepada tiga kitaran.



Rajah 2. Kitaran Intervensi Penggunaan AI

Murid dibahagikan kepada kumpulan kecil seramai 4 atau 5 orang bagi memastikan kolaborasi aktif dan interaksi bermakna antara ahli kumpulan sepanjang pelaksanaan intervensi. Keseluruhannya, jumlah kumpulan yang terbentuk ialah 9 kumpulan. Tiga kitaran intervensi penggunaan AI dirancang secara berperingkat, bermula dengan Kitaran 1 yang berfokus terhadap penguasaan kemahiran *prompting*. Kemudiannya, diikuti Kitaran 2 yang menekankan pembinaan soalan dan refleksi berasaskan AI, serta diakhiri dengan Kitaran 3 yang melibatkan tugas aplikasi senario dan pembentangan kumpulan. Setiap kitaran dilaksanakan selama dua minggu (satu jam seminggu) dengan satu minggu sela antara kitaran bagi memberi ruang kepada latihan sendiri dan pengukuhan kemahiran setiap kumpulan.

Secara keseluruhan, intervensi berlangsung selama lapan minggu merangkumi tiga kitaran dan dua tempoh sela. Sepanjang setiap kitaran, pengkaji menjalankan pemerhatian analitik menggunakan borang pemerhatian berstruktur:

1. **Borang Pemerhatian 1** menilai penglibatan murid, kemahiran *prompting* dan kefahaman kandungan;
2. **Borang Pemerhatian 2** memfokuskan kepada keupayaan pembinaan soalan, tahap pemikiran kritis dan kolaborasi; manakala
3. **Borang Pemerhatian 3** menilai kualiti pembentangan, kesukaran atau halangan yang dihadapi.

Pendekatan ini adalah untuk memastikan pemantauan perkembangan murid dilakukan secara holistik dari aspek kognitif, kemahiran dan kepelbagaian pembelajaran.

Setelah selesai ketiga-tiga kitaran, kumpulan-kumpulan tersebut diberikan link platform Padlet untuk mereka berkongsi pandangan dan refleksi terhadap intervensi berpanduan AI yang telah dilaksanakan. Ketua kumpulan atau mana-mana ahli boleh mewakili kumpulan mereka. Refleksi tersebut telah distrukturkan dengan tiga soalan (dalam Bahasa Inggeris) yang perlu murid jawab secara telus:

1. *What helped you the most when using AI (ChatGPT) to learn Science during the lessons?* (Apakah yang paling membantu anda apabila menggunakan AI (ChatGPT) untuk mempelajari Sains semasa PdP?)
2. *What challenges or difficulties did you face when using AI to understand Science topics?* (Apakah cabaran atau kesukaran yang anda hadapi apabila menggunakan AI untuk memahami topik Sains?)

3. *How did using AI change the way you think, ask questions, or learn Science on your own?* (Bagaimanakah penggunaan AI mengubah cara anda berfikir, bertanya soalan, atau belajar Sains secara sendiri?)

Dapatan Kajian

Peningkatan Pencapaian Murid: Analisis Ujian Pra dan Pasca

Untuk menilai perubahan tahap penguasaan murid terhadap konsep Sains, ujian pra diberikan sebelum intervensi dilaksanakan, diikuti dengan ujian pasca setelah ketiga-tiga kitaran intervensi selesai. Instrumen yang digunakan adalah sama.

Descriptive Statistics								
	N Statistic	Range Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std. Error	Std. Deviation Statistic	Variance Statistic
PRETEST	38	76	0	76	44.37	2.579	15.901	252.834
POSTTEST	38	62	24	86	58.24	2.776	17.114	292.888
Valid N (listwise)	38							

Rajah 3. Data Ujian Pra dan Pasca Murid

Analisis statistik deskriptif menunjukkan peningkatan yang jelas dalam pencapaian murid selepas intervensi dilaksanakan. Min skor meningkat daripada 44.37 (SP = 15.90) dalam ujian pra kepada 58.24 (SP = 17.11) dalam ujian pasca, dengan perbezaan min hampir 14 markah. Selain itu, skor minimum turut meningkat daripada 0 kepada 24, manakala skor maksimum meningkat daripada 76 kepada 86, menggambarkan peralihan keseluruhan taburan prestasi ke arah yang lebih tinggi. Walaupun sisihan piawai pasca ujian sedikit meningkat, variasi ini menunjukkan kepelbagaian tahap peningkatan dalam kalangan murid tanpa menjejaskan trend peningkatan menyeluruh. Secara tuntasnya, dapatan ini membuktikan bahawa intervensi yang dilaksanakan memberi impak positif dan signifikan terhadap pencapaian akademik murid Tingkatan 1 dalam kelas pengkaji.

Penerokaan Keupayaan Pembelajaran Murid secara Kritis dan Berdikari Menggunakan AI

Kitaran Intervensi 1: Penggunaan AI untuk Prompting

Pada awal intervensi, murid belum mahir membina *prompt* yang berkesan dan cenderung mengemukakan soalan umum tanpa konteks menyebabkan AI memberi jawapan panjang dan di luar tahap Tingkatan 1. Oleh yang demikian, murid sukar memahami penjelasan dan hanya menyalin jawapan tanpa menilai kesahihan dan kesesuaiannya.

Why we never run out of blood after blood donation? Here's the simple, clear explanation: Why we never run out of blood after donating blood Your body is constantly producing new blood. Even when you don't donate, your bone marrow is working every second to create millions of new blood cells. So when you donate blood, your body immediately activates a natural replacement process. What happens after donation? 1. Your plasma is replaced very quickly - Plasma (the liquid part of blood) is replaced within 24-48 hours. - That is why people feel okay soon after drinking water and resting. 2. Your red blood cells regenerate slowly but steadily - Red blood cells (RBCs) carry oxygen. - When you donate, you lose about 10% of your total blood. - Your body senses this drop and tells your bone marrow to speed up RBC production. - It usually takes 6-8 weeks for RBC levels to fully return to normal. This is why you can only donate whole blood every 3 months (Malaysia) or 8-12 weeks.	Please give me short answers that align to Malaysian Form 1 syllabus Here are short, Form 1-level answers: Why don't we run out of blood after donating blood? Because our body makes new blood all the time. After donation: - Plasma is replaced quickly within 1-2 days. - Red blood cells are produced again by the bone marrow. - The body keeps the blood level balanced automatically. Very simple: The body replaces the blood that is donated. 👍 🗣️ 🔄 📄 ⋮
Jawapan prompting generik.	Jawapan prompting khusus.

Rajah 4: Pengajaran Perbezaan Prompting AI Generik & Khusus

Situasi seperti rajah 4 mendorong pengkaji memperkenalkan kaedah *prompting* yang sistematik agar respons daripada AI lebih relevan dengan tahap pembelajaran mereka.

Jadual 2: Ringkasan Pemerhatian Progres Asas Prompting AI

SEBELUM PENGENALAN ASAS PROMPTING AI										
ELEMEN Pemerhatian	Indikator	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
<i>Penglibatan murid</i>	Murid aktif menggunakan AI; Berinteraksi dalam kumpulan/individu	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Kemahiran prompting</i>	Menyatakan kehendak dengan jelas; Memfokuskan skop berdasarkan silibus	/	/				/	/		/
<i>Kefahaman kandungan</i>	Menjelaskan semula jawapan AI; Mengaitkan dengan silibus sains tingkatan 1	/	/							/
SELEPAS PENGENALAN ASAS PROMPTING AI										
<i>Penglibatan murid</i>	Murid aktif menggunakan AI; Berinteraksi dalam kumpulan / individu	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Kemahiran prompting</i>	Menyatakan kehendak dengan jelas; Memfokuskan skop berdasarkan silibus	/	/	/	/	/	/	/	/	/

<i>Kefahaman kandungan</i>	Menjelaskan semula jawapan AI; Mengaitkan dengan silibus sains tingkatan 1	/	/	/	/	/	/	/	/	/
----------------------------	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Jadual 2 menunjukkan peningkatan sebelum dan selepas pengenalan asas *prompting* AI. Pada awalnya, hanya beberapa kumpulan sahaja yang aktif dan kebanyakan murid mengemukakan soalan umum, menghasilkan respons AI yang panjang dan di luar silibus Tingkatan 1. Kekurangan kemahiran *prompting* turut menjejaskan kefahaman kerana murid gagal mengaitkan jawapan AI dengan silibus. Selepas latihan asas *prompting*, hampir semua kumpulan menunjukkan penglibatan lebih konsisten, soalan lebih berfokus dan kefahaman yang lebih baik. Pengkaji merumuskan bahawa kemahiran menghasilkan *prompt* ialah asas utama untuk memanfaatkan AI secara berkesan.

Kitaran Intervensi 2: Pembinaan dan Penyolaan Menggunakan AI

Dalam kitaran kedua, intervensi memberi fokus kepada pembinaan soalan dan penilaian jawapan bagi menggalakkan pembelajaran aktif dan pemikiran kritis. Murid bekerja dalam 9 kumpulan kecil untuk membina satu item KBAT. Namun, pada peringkat awal, mereka masih belum mampu menghasilkan soalan yang bermakna atau menghubungkan kefahaman dengan pertanyaan yang dibina.

Jadual 3: Ringkasan Pemerhatian Progres Pembinaan dan Penyolaan Menggunakan AI

PERINGKAT AWAL (PEMBINAAN ITEM KBAT)										
ELEMEN PEMERHATIAN	INDIKATOR	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
<i>Pembinaan soalan</i>	Menjana soalan berkaitan topik; Soalan sesuai aras	/	/			/	/	/	/	
<i>Pemikiran kritis</i>	Menyoal lanjut; Menilai ketepatan jawapan AI		/							/
<i>Kolaborasi</i>	Bekerjasama; Membahagi tugas	/		/	/	/	/	/	/	/
PERINGKAT AKHIR (PEMBINAAN ITEM KBAT)										
<i>Pembinaan soalan</i>	Menjana soalan berkaitan topik; Soalan sesuai aras	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Pemikiran kritis</i>	Menyoal lanjut; Menilai ketepatan jawapan AI	/	/	/			/	/		/
<i>Kolaborasi</i>	Bekerjasama; Membahagi tugas	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Jadual 3 menunjukkan peningkatan konsisten dalam kemahiran pembinaan soalan, pemikiran kritis dan kolaborasi sepanjang aktiviti pembinaan item KBAT menggunakan AI. Pada peringkat awal, hanya beberapa murid mampu menghasilkan soalan relevan, menyoal lanjut atau menyemak ketepatan jawapan AI. Manakala kolaborasi masih bergantung pada murid yang dominan. Selepas latihan dan bimbingan, lebih banyak kumpulan berjaya membina soalan KBAT yang tepat, dan murid menunjukkan pemikiran kritis yang lebih kukuh dengan meneliti serta menilai jawapan AI secara aktif.

teacher asks us to generate good HOTS questions and give to our classmates. later, we teach them how to answer the HOTS questions. one question only. can u generate one good HOTS??? we want to try answer, then you check our answers. we also need to consult to teacher. can help us meh?

Of course cant I'll give you ONE very good HOTS question from Chapter 5: Matter — not too easy, not too weird — suitable to show your teacher.
Then you answer it, and I will mark it like a strict science teacher.

★ **YOUR HOTS QUESTION (Form 1 Matter – Tingkatan 1)**

HOTS Question (Application + Reasoning):
A cold mirror in an air-conditioned room becomes foggy when a student breathes on it. Using the particle theory of matter, explain why this happens.

is it because of condensation? gas become water vapour. Condensation is a process that loses heat. so, the cold mirror + the gas (CO₂) from our body that is higher because the gas follows our body temperature. is this correct???? mark like how my teacher will do

Alright, I will mark strictly like a real Form 1 Science teacher.
Here is your answer again, with marking below:

Your answer:
"is it because of condensation? gas become water vapour. Condensation is a process that loses heat. so, the cold mirror + the gas (CO₂) from our body that is higher because the gas follows our body temperature."

✅ **MARKING & FEEDBACK (Strict Teacher Mode)**

1. Scientific Accuracy: 4/10

- You correctly mentioned condensation 🌟
- But gas does NOT become water vapour — water vapour is the gas.
- The gas from your body is NOT CO₂, in this context.
 - The gas that condenses is water vapour from your breath, not carbon dioxide.
- You did not explain particles clearly.

2. Explanation / Reasoning: 4/10

Can you make 3 HOTS questions? We will answer them first and you will check our answer like a teacher.

Sure! Here are 3 HOTS (KBAT) questions for Chapter 2: Cells (Tingkatan 1). These require reasoning, application, and explanation, not just facts.

★ **HOTS QUESTION 1 (Application)**
A student accidentally puts a freshwater plant into very salty water. After 10 minutes, the plant's cells shrink and the leaves wilt.

Question:
Explain what happened to the plant cells and why this occurs.

No 1 is osmosis? is that correct?

Yes — the process involved is osmosis, and that part of your answer is correct ✓

But for full HOTS marks, you must explain it clearly:

When the plant is placed in salty water, the water concentration inside the plant cell is higher than outside the cell.
So, water moves out of the cell through osmosis (from high water concentration — low water concentration).
As a result, the vacuole shrinks, the cytoplasm pulls away from the cell wall, and the leaf becomes wilted.

If you want, you can write your full answer now and I will mark it like a teacher.

Bus osmosis isn't part of the syllabus?

Rajah 5: Perbandingan Interaksi Kumpulan (K5 & K2) dengan AI

Rajah 5 menunjukkan perbezaan ketara dalam interaksi murid dengan AI. Kumpulan 5 (K5) berinteraksi secara pasif dan bergantung pada AI untuk membetulkan jawapan, manakala Kumpulan 2 (K2) menunjukkan pemikiran kritis dengan menyoal lanjut, menilai maklumat dan membetulkan AI apabila perlu. Perbandingan ini membuktikan bahawa latihan prompting meningkatkan keaktifan analitikal murid. Maklum balas automatik AI juga membantu mereka mengenali kelemahan sendiri dan memperkukuh pembelajaran mendalam.

Kitaran Intervensi 3: Pembinaan Senario, Soalan & Pembentangan

Dalam kitaran akhir, murid membina senario aplikasi menggunakan AI dengan menghasilkan cerita berasaskan masalah, menjana tiga soalan berkaitan dan menyediakan jawapan, semuanya secara berkumpulan.

Jadual 4: Ringkasan Pemerhatian Progres Pembinaan Senario, Soalan & Pembentangan

PERINGKAT AWAL (PEMBINAAN SENARIO, SOALAN & PEMBENTANGAN)											
ELEMEN Pemerhatian	Indikator	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	
<i>Pembentangan (Kitaran 3)</i>	Senario relevan; Soalan berkaitan; Jawapan tepat	/	/								/
<i>Kesukaran halangan</i>	/ Arahan jelas; Tahap kesukaran soalan; Kandungan tepat	/	/								/
<i>Tindakan guru</i>	Menunjuk cara; Memberi contoh <i>prompt</i> ; Membetulkan kesilapan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PERINGKAT AKHIR (PEMBINAAN SENARIO, SOALAN & PEMBENTANGAN)											
<i>Pembentangan (Kitaran 3)</i>	Senario relevan; Soalan berkaitan; Jawapan tepat	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Kesukaran halangan</i>	/ Arahan jelas; Tahap kesukaran soalan; Kandungan tepat	/	/	/		/	/	/			/
<i>Tindakan guru</i>	Menunjuk cara; Memberi contoh <i>prompt</i> ; Membetulkan kesilapan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Jadual 4 menunjukkan peningkatan jelas bagi semua sembilan kumpulan. Pada awalnya, hanya dua kumpulan dapat menghasilkan senario, soalan dan jawapan yang relevan. Selepas bimbingan guru, semua kumpulan berjaya membina senario lebih berstruktur dan soalan lebih mencabar, dengan pembentangan kelas turut mengukuhkan komunikasi serta pemikiran kritis murid.

About exogenous and endogenous. Many of us are still blurry about this. Please create one short paragraph story or scenario (must be science because teacher want it like a science story). Then, must have three questions (easy – HOTS). Thank you

Here is a short, simple science story that clearly shows endogenous vs exogenous processes, followed by three questions (easy – HOTS).

Short Science Story (Exogenous vs Endogenous)

On a sunny morning, Aina and her classmates observed a small hill behind their school. They noticed that rainwater had carved tiny channels on the slope, slowly washing soil downhill. Their teacher explained that this was an **exogenous** process, caused by **external forces** like rain and wind. As they climbed higher, Aina felt the ground vibrate slightly. The teacher then told them that the school was located near a dormant fault line, where tectonic plates deep inside the Earth sometimes shift. These underground movements are **endogenous** processes, driven by **heat and pressure** from **within the Earth**. Aina realised that both outside forces and inner Earth forces continuously shape the surface of our planet.

I think the language use for the story is hard to understand.

Got it! Here is a much simpler Form 1-friendly version of the story. Short, easy English, but still shows endogenous and exogenous processes.

Simple Science Story

Aina and her friends went to a small hill for Science class. After a short rain, they saw water flowing down the hill, carrying soil and making the ground uneven. Their teacher said this is an **exogenous** process because it is caused by forces from **outside the Earth**, like rain and wind.

Suddenly, they felt a soft shaking under their feet. The teacher explained that this place is near a crack in the Earth's crust, where rocks deep underground can move. This movement is an **endogenous** process because it comes from **inside the Earth**.

Questions

1. Easy

Which part of the story shows an exogenous process?

Answer: Water flowing down the hill and carrying soil.

Can you create one short story about homeostasis and prepare three questions (easy, medium, hard). We try to answer, you check. Later we need to present to our classmates.

Here is a short, simple Form 1-level story about homeostasis, followed by 3 questions (easy, medium, hard) for your group to answer. After you answer, I will mark strictly like a teacher.

SHORT STORY: "The Day Amir Nearly Melted"

It was a hot afternoon when Amir walked home after school. The sun was blazing, and he could feel sweat dripping down his forehead. His body was trying hard to cool him down. As he walked faster, Amir felt thirsty. His mouth was dry, and he knew his body was losing water through sweat. When he reached home, he drank a full glass of water. After a while, he stopped sweating as much because his body water level returned to normal.

Later that evening, Amir sat under the fan doing homework. Suddenly, his mother called him to help in the kitchen. When he entered, the hot steam from the boiling pot made him feel warm again. His body temperature increased slightly, so he started sweating again to cool himself.

Amir realised that throughout the whole day, his body kept adjusting itself—whether through sweating, thirst, or drinking water. Without him even noticing, his body was working non-stop to keep everything balanced.

That balance was called **homeostasis**.

QUESTIONS

1. EASY

What did Amir's body do to cool him down when he felt very hot?

2. MEDIUM

Why did Amir feel thirsty after sweating a lot on his way home?

3. HARD (HOTS)

Based on the story, explain how homeostasis helped Amir maintain a stable internal condition even though the environment kept changing.

Answer these 3 questions, and I will mark them strictly like a Science teacher.

Rajah 6: Perbandingan Interaksi Kumpulan (K9 & K3) dengan AI

Rajah 6 menunjukkan dua strategi berbeza semasa murid membina senario dan soalan menggunakan AI. Kumpulan 9 (K9) menilai dan mengubahsuai cerita AI agar sesuai dengan tahap Tingkatan 1, mencerminkan kemahiran metakognitif yang baik tetapi tidak menumpukan pada penyediaan jawapan. Sebaliknya, Kumpulan 3 (K3) menerima cerita AI tanpa banyak pengubahsuaian, namun, menumpukan usaha pada menjawab soalan dengan bantuan AI sebagai semakan konsep. Perbandingan ini menunjukkan murid menggunakan AI secara berbeza. Ada yang lebih kritis terhadap kandungan, ada yang lebih fokus pada penerapan konsep. Kedua-duanya mencerminkan penglibatan aktif.

Pengkaji seterusnya mewajibkan semakan awal bersama guru bagi memastikan senario, soalan dan jawapan selaras dengan silibus Tingkatan 1.

Penerokaan Persepsi Interaksi Murid dengan AI

Data kualitatif diperoleh melalui refleksi dan maklum balas interaksi murid dengan ChatGPT di platform Padlet. Analisis tematik mengenalpasti empat tema utama iaitu (1) AI sebagai sokongan pembelajaran, (2) cabaran penggunaan AI, (3) perkembangan pemikiran kritis/metakognitif dan (4) peningkatan motivasi murid.

Tema 1: AI sebagai alat sokongan

Murid menyatakan AI membantu mereka memahami Sains dengan lebih jelas dan teratur, termasuk penjelasan konsep asas dan istilah DLP. AI berfungsi sebagai “tutor digital” yang memudahkan ulang kaji.

“ChatGPT guidance... makes it clearer” (K9)

Tema 2: Cabaran AI & kebolehpercayaan

Murid menghadapi kesukaran menghasilkan *prompt* tepat, menyebabkan jawapan tidak selaras silibus. Mereka juga menyedari kesahihan respons dan kelemahan AI dalam imej/jadual.

“ChatGPT gave us questions not in our syllabus” (K2)

Tema 3: Pemikiran kritis & metakognitif

Murid menjadi lebih analitikal, tidak menerima jawapan AI bulat-bulat dan mula menilai ketepatan maklumat. Keyakinan meningkat apabila mereka dapat mengenal pasti kesilapan AI.

“It makes me think twice” (K1)

Tema 4: Motivasi & penglibatan

Intervensi AI menjadikan PdP lebih menyeronokkan, interaktif dan kolaboratif, terutamanya melalui tugas pembinaan soalan, senario dan pembentangan.

“The scenario and presentation are fun” (K7)

Penggunaan AI dalam pembelajaran Sains Tingkatan 1 terbukti meningkatkan penguasaan kandungan, KBAT dan pembelajaran sendiri murid. Latihan *prompting*, pembinaan soalan dan pembentangan senario menjadikan PdP lebih aktif dan bermakna. Peningkatan skor ujian pasca mengesahkan keberkesanan intervensi, manakala dapatan kualitatif menunjukkan peningkatan pemahaman konsep, kemahiran menyoal dan keupayaan menilai maklumat. Walaupun terdapat cabaran seperti ketepatan respons AI, bimbingan guru membantu murid mengatasinya. Intervensi ini turut meningkatkan motivasi dan penglibatan murid.

Perbincangan

Perbincangan memberi fokus kepada kesan intervensi AI terhadap pencapaian, pemikiran kritis, pembelajaran sendiri, kolaborasi, cabaran pelaksanaan dan refleksi pengkaji. Intervensi AI meningkatkan pencapaian murid secara signifikan, dibuktikan oleh peningkatan skor min pra 44.37 kepada pasca 58.24, dengan perbezaan signifikan. Selari dengan teori pembelajaran behaviorisme, AI berfungsi sebagai peneguhan segera melalui maklumbalas adaptif (Mohammed et al., 2024), manakala dari perspektif kognitivisme, penjelasan terstruktur AI membantu mengurus beban kognitif dan memperkukuh pemahaman (Anjali, 2024). Secara keseluruhan, dapatan ini selari dengan kajian lepas yang menunjukkan tutor pintar AI berupaya meningkatkan prestasi murid.

Dapatan kualitatif menunjukkan peningkatan jelas dalam kemahiran menyoal, menilai maklumat dan membina soalan KBAT selepas latihan *prompting* dan bimbingan guru. Perubahan ini mencerminkan pembelajaran aktif dan konstruktivis, di mana murid membina pengetahuan melalui interaksi dengan AI dan tugas berasaskan senario (Alim & Butsiarah, 2025; Mayasari et al. 2024). Sosiokonstruktivisme turut terserlah melalui kerjasama kumpulan dan scaffolding digital AI (Sharples, 2023; Anjali, 2024). Kesan-kesan lain termasuk peningkatan pembelajaran sendiri apabila murid menggunakan AI untuk ulangkaji dan semakan sendiri, disokong dengan latihan menentang ilusi pembelajaran (Zohuri & Mossavar-Rahmani, 2024; Agbo et al., 2025).

Cabaran, Penyelesaian & Cadangan Penambahbaikan

Cabaran utama meliputi kelemahan *prompting*, keraguan maklumat, risiko kebergantungan AI serta isu masa dan infrastruktur. Masalah *prompting* dan ketepatan kandungan diatasi melalui latihan berstruktur, penggunaan frasa silibus Tingkatan 1, dan semakan silang buku teks. Risiko kebergantungan dikurangkan melalui pemantauan rapi, aktiviti menjawab tanpa AI dan pembentangan kumpulan (Bennett & Abusalem, 2024; Sharples, 2023). Kekangan teknikal diselesaikan melalui penggunaan pusat sumber, peranti pinjaman dan peningkatan kompetensi digital guru.

Intervensi AI mengubah peranan guru kepada fasilitator yang memberi bimbingan strategi dan pemantauan pemikiran kritis. Refleksi kitaran membantu mengenal pasti aspek yang perlu diperbaiki seperti penekanan pada *prompting* dan verifikasi fakta. Literasi digital pengkaji turut meningkat, membolehkan integrasi AI secara lebih etika dan berkesan, seiring keperluan pembelajaran terbeza dalam kelas berbilang gaya belajar.

Penambahbaikan meliputi latihan *prompting* berterusan (Bamgbose, 2025), pembangunan bank soalan AI yang selaras silibus, pengukuhan literasi verifikasi maklumat, serta memastikan keseimbangan interaksi manusia-AI melalui aktiviti kolaboratif dan pembentangan.

Kesimpulan

Kajian ini membuktikan bahawa integrasi AI seperti ChatGPT dapat meningkatkan pencapaian, pemahaman konsep, pemikiran kritis dan pembelajaran sendiri murid dalam subjek Sains. AI berfungsi sebagai alat sokongan yang responsif dan kolaboratif, sekaligus memperkaya PdPc dan meningkatkan motivasi murid. Walaupun wujud cabaran seperti ketepatan maklumat, kelemahan *prompting* dan risiko kebergantungan terhadap AI, pendekatan berstruktur dan bimbingan guru berjaya mengatasinya. Secara keseluruhannya, keberkesanan intervensi ini menegaskan bahawa AI memerlukan kerangka pedagogi kukuh, literasi maklumat dan pemantauan guru untuk melahirkan murid yang lebih kritis, berdikari dan bersedia menghadapi cabaran masa depan. Turut disediakan juga asas untuk pembangunan modul PdPc Sains berasaskan AI bagi kegunaan lebih meluas di peringkat menengah rendah. Namun begitu, kajian ini mempunyai keterbatasan tertentu seperti sampel kajian yang hanya terhad kepada satu kelas dan sekolah (bandar) sahaja. Hal ini menghadkan kajian ini untuk melaksanakan sebarang generalisasi dapatan. Selain itu, tempoh intervensi yang singkat berkebarangkalian belum kukuh untuk mencerminkan impak jangka panjang terhadap kemahiran berfikir aras tinggi dan sikap pembelajaran murid. Dapatan kualitatif seperti pemerhatian dan refleksi murid juga berpotensi dipengaruhi oleh kecenderungan pengkaji

secara tidak sedar. Di samping itu, faktor kemahiran Bahasa Inggeris, tahap literasi digital murid serta variasi kebolehan individu turut mempengaruhi keberkesanan intervensi. Oleh itu, kajian lanjutan dengan reka bentuk eksperimen yang melibatkan sampel pelbagai latar belakang, tempoh intervensi lebih panjang dan berulang adalah disarankan bagi mengukuhkan lagi kesahan dan kebolehpercayaan dapatan.

Penghargaan:	Penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia dan SMK Pusat Bandar Puchong 1 atas sokongan dan kemudahan yang diberikan sepanjang kajian ini dijalankan.
Penyataan Pembiayaan:	Kajian ini tidak menerima sebarang pembiayaan.
Pernyataan Konflik Kepentingan:	Penulis mengisytiharkan bahawa tiada konflik kepentingan berkaitan penerbitan kertas kerja ini. Semua penulis telah menyumbang kepada kajian ini dan telah meluluskan versi akhir manuskrip untuk penyerahan kepada International Journal of Modern Education (IJMOE)
Pernyataan Etika:	Pilihan A (Untuk Kajian yang Melibatkan Responden Manusia) Kajian ini telah dijalankan selaras dengan piawaian etika penyelidikan. Semua prosedur yang melibatkan responden manusia telah disemak dan diluluskan. Persetujuan bermaklumat telah diperoleh daripada semua responden sebelum pengumpulan data dijalankan. Penyertaan adalah secara sukarela, dan responden telah dijamin kerahsiaan serta anonimitas. Data yang dikumpulkan digunakan semata-mata bagi tujuan akademik.
Pernyataan Sumbangan Penulis:	Semua penulis telah menyumbang secara signifikan terhadap pembangunan manuskrip ini. Miza Syahirah Mohd Faizal bertanggungjawab terhadap pengkonsepan, metodologi, mengendalikan pengumpulan data, analisis serta tafsiran dapatan kajian. Kamisah Osman menyumbang kepada semakan sorotan literatur dan draf, serta semakan kritikal manuskrip. Semua penulis telah membaca dan meluluskan versi akhir manuskrip sebelum penyerahan.

Rujukan

- Abdullah, N., Dahari, Z., & Hussin, R. (2024). *Empowering Malaysia's youth: Assessing the impact of STEM education*. Journal of Education and Learning, 18(1), 45–59. DOI: 10.17687/jeb.v12i2.1195
- Adams, P. (2006). *Exploring social constructivism: Theories and practicalities*. Education, 34(3), 243–257. DOI: 10.1080/03004270600898893
- Akgun, S., & Greenhow, C. (2022). *Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K–12 settings*. AI and Ethics, 2(3), 431–440. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7>
- Agbo, F. J., Olivia, C., Oguibe, G., Sanusi, I. T., & Sani, G. (2025). *Computing education using generative artificial intelligence tools: A systematic literature review*. Computers and Education Open, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100266>
- Aladsani, H. K. (2025). *Developing postgraduate students' competencies in generative artificial intelligence for ethical integration into academic practices: Participatory action research*. Interactive Learning Environments, 1–19. DOI:10.1080/10494820.2025.2487517
- Alier, M., Peñalvo, F. J. G., & Camba, J. D. (2024). *Generative Artificial Intelligence in Education: From Deceptive to Disruptive*. International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, 8(5), 5–14. DOI: 10.9781/ijimai.2024.02.011
- Alim, B., & Butsarah, B. (2025). *The application of AI-assisted project-based learning to improve students' critical thinking skills*. DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran, 4(4), 818–827. DOI: 10.54259/diajar.v4i4.5788
- Almasri, F. (2024). *Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research*. Research in Science Education, 54(3), 977–997. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3>
- Almulla, M. A. (2023). *Constructivism learning theory: A paradigm for students' critical thinking, creativity, and problem solving to affect academic performance in higher education*. Cogent Education, 10(1), 2172929. DOI:10.1080/2331186X.2023.2172929
- Alwadaeen, N. B., & Piller, B. (2022). *Enhancing self-directed learning readiness at elementary level: A study from American schools*. Journal of Curriculum and Teaching, 11(4), 24–38. DOI:10.5430/jct.v11n4p24
- Amdan, M. A. B., Janius, N., Kasdiah, M. A. H. B., & Amdan, M. A. B. (2024). *Concept paper: Efficiency of artificial intelligence (AI) tools for STEM education in Malaysia*. International Journal of Science and Research Archive, 12(2), 553–559. DOI: <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.12.2.1273>
- Anjali, S. (2024). *The impact of artificial intelligence in reshaping education: An analysis based on learning theories*. ITM Web of Conferences, 68, 01008. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20246801008>
- Aspin, S. H., Omar, A., & Lai, P. K. (2022). *STEM education in Malaysia: A review*. International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development, 11(3), 132–147.
- Azman, N. S. I., & Shafi, M. A. (2025). Hubungan antara Kegunaan ChatGPT dengan Prestasi Penyelidikan Pensyarah di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM). *Research in Management of Technology and Business*, 6(2), 239–248. DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2025.06.02.020>
- Bamgbose, A. (2025). *Action research project: How AI learning tools can support learners who experience study-related challenges in vocational education*.
- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Prentice-Hall.

- Baroudi, S., Mubeen, N., & Karaki, S. (2025). *An action research study on AI video vs. written feedback: Enhancing undergraduate academic writing and critical thinking*. Cogent Education, 12(1), 2527302. DOI: 10.1080/2331186X.2025.2527302
- Bennett, L., & Abusalem, A. (2024). *Artificial Intelligence (AI) and its potential impact on the future of higher education*. Athens Journal of Education, 11(3), 195–212. DOI: <https://doi.org/10.30958/aje.11-3-2>
- Bray, M. (2023). *Shadow education in Asia and the Pacific*. In International Handbook on Education Development in the Asia-Pacific (pp. 159–181). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-2327-1_10-2
- Chen, X., Zou, D., Xie, H., Cheng, G., & Liu, C. (2022). *Two decades of artificial intelligence in education*. Educational Technology & Society, 25(1), 28–47. [https://doi.org/10.30191/ETS.202201_25\(1\).0003](https://doi.org/10.30191/ETS.202201_25(1).0003)
- Cheung, K. K. C., Long, Y., & Liu, Q. (2024). *Unpacking epistemic insights of artificial intelligence (AI) in science education: A systematic review*. Science & Education. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00511-5>
- Chinta, S. V., Wang, Z., Yin, Z., Hoang, N., Gonzalez, M., Quy, T. L., & Zhang, W. (2024). *FairAIED: Navigating fairness, bias, and ethics in educational AI applications*. arXiv:2407.18745.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
- Dahri, N. A., Yahaya, N., Al-Rahmi, W. M., Vighio, M. S., Alblehai, F., Soomro, R. B., & Shutaleva, A. (2024). *Investigating AI-based academic support acceptance and its impact on students' performance*. Education and Information Technologies, 29(14), 18695–18744. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12599-x>
- Daud, M. Z., Ismail, E., Azli, M. S. M., Omar, M. K. A. R., Asyraf, M. I. A. M. J., Mahmod, N. M., ... & Sultan, A. A. M. (2024). *Perspektif Mahasiswa Universiti Teknikal di Malaysia Terhadap Kecerdasan Buatan (AI) Sebagai Pemudah Cara Menyiapkan Tugas Berbahasa Melayu*. Innovative Teaching and Learning Journal, 8(2), 183–198. DOI: <https://doi.org/10.11113/itlj.v8.168>
- Dilshad, M. N. (2017). *Learning theories: Behaviorism, cognitivism, constructivism*. International Education and Research Journal, 3(9), 64–66.
- Fadhlullah, A., & Ahmad, N. (2017). *Thinking outside of the box: Determining students' level of critical thinking skills*. Asian Journal of University Education, 13(2), 51–70. Retrieved from: ir.uitm.edu.my/id/eprint/21917/
- Foxworthy, W. A., & McCarter, W. (2025). *Uncovering the treasure of self-directed learning*. Inquiry, 28(1), 9. Retrieved from: commons.vccs.edu/inquiry/vol28/iss1/9
- Gibson, D., Kovanovic, V., Ifenthaler, D., Dexter, S., & Feng, S. (2023). *Learning theories for artificial intelligence promoting learning processes*. British Journal of Educational Technology, 54(5), 1125–1146. DOI: 10.1111/bjet.13341
- Giray, L., Nemeño, J., & Edem, J. (2025). *Self-directed learning using ChatGPT positively affects student engagement*. International Journal of Technology in Education (IJTE), 8(3), 667–680. <https://doi.org/10.46328/ijte.1162>
- Gouseti, A., James, F., Fallin, L., & Burden, K. (2025). *The ethics of using AI in K-12 education: A systematic literature review*. Technology, Pedagogy and Education, 34(2), 161–182. DOI: 10.1080/1475939X.2024.2428601
- Harry, A. (2023). *Role of AI in education*. Interdisciplinary Journal & Humanity (INJURITY), 2(3). DOI: <https://doi.org/10.58631/injury.v2i3.52>

- Idris, N., & Bacotang, J. (2023). *Exploring STEM education trends in Malaysia: Building a talent pool for Industrial Revolution 4.0 and Society 5.0*. Malaysian Journal of Learning and Instruction. DOI: [dx.doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i2/16825](https://doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i2/16825)
- Idroes, G. M., Noviandy, T. R., Maulana, A., Irvanizam, I., Jalil, Z., Lensoni, L., & Idroes, R. (2023). *Student perspectives on the role of artificial intelligence in education*. Journal of Educational Management and Learning, 1(1), 8–15. Retrieved from: <http://www.heca-analitika.com/jeml>
- Ishak, N. A., Jamil, H., & Abd Razak, N. (2021). *Pedagogi meningkatkan kualiti intelektual pelajar*. Penerbit USM. Retrieved from: <https://url-shortener.me/DQS2>
- Kalukar, V. J., Krobo, A., Pessireron, M. F., Suhendra, S., & Yudistira, S. (2024). *Enhancing critical thinking skills through collaborative learning in modern educational practices*. The Journal of Academic Science, 1(8), 1145–1153. Retrieved from: <https://thejoas.com/index.php/>
- Kenayathulla, H. B. (2023). *Teachers' perceptions on the effectiveness of private tutoring in Malaysia*. Revue Internationale d'Éducation de Sèvres. DOI: <https://doi.org/10.4000/ries.3801>
- Khan, S. (2023). *The ethical imperative: Addressing bias and discrimination in AI-driven education*. Social Sciences Spectrum, 2(1), 89–96. Retrieved from: <https://sss.org.pk/index.php/sss>
- Lepper, M. R., Greene, D., & Nisbett, R. E. (1973). *Undermining children's intrinsic interest with extrinsic reward*. Journal of Personality and Social Psychology, 28(1), 129–137. Retrieved from: <https://url-shortener.me/DQSP>
- Maharam, N. A., & Norazman, N. (2024). *Standard classroom capacity: Effective learning activities in Malaysian primary schools*. Journal of Advanced Research Design, 118(1), 34–41. DOI: <https://doi.org/10.37934/ard.118.1.3441>
- Marquardson, J. (2024). *Embracing artificial intelligence to improve self-directed learning: A cybersecurity classroom study*. Information Systems Education Journal, 22(1), 4–13. DOI: <https://doi.org/10.62273/WZBY3952>
- Mayasari, N., Sastraatmadja, A. H. M., Suparman, T., Mutiara, I. I., & Maqfirah, P. A. V. (2024). *Effectiveness of AI learning tools and customized curriculum on improving students' critical thinking skills*. The Eastasouth Journal of Learning and Educations, 2(02), 111–118. DOI: 10.58812/esle.v2i02
- Mertler, C. A. (2024). *Action research: Improving schools and empowering educators* (7th ed.). SAGE Publications. DOI: 10.5901/jesr.2013.v3n1p81
- Mohammed, A. T., Velandar, J., & Milrad, M. (2024). *Retrospective analysis of artificial intelligence in education (AIEd) studies*. In *Radical solutions for artificial intelligence and digital transformation in education* (pp. 127–141). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-97-8638-1_9
- Mohamad, A. M., Romli, A., & Noh, S. C. (2024). Analisis Penggunaan Kecerdasan Buatan Pada Pembelajaran Dalam Talian: Analysis Of AI Implementation In Online Learning. *Selangor Humaniora Review*, 8(2), 30-49. Retrieved from <https://share.journals.unisel.edu.my/index.php/share/article/view/314>
- Muda, T. N. S. T., Yahya, E., Bahrom, S., Hisham, B., & Khalid, F. Z. (2024). *Empowering tomorrow's scholars: Shifting exam-oriented to insightful learning among foundation students*. Retrieved from: <https://url-shortener.me/DQUG>
- Nawaz, M. (2024). *AI in STEM education: Enhancing problem-solving and critical thinking skills*. AI EDIFY Journal, 1(4), 38–48. Retrieved from: <https://researchcorridor.org/index.php/aiej/issue/view/101>

- Norazman, N., Che Ani, A. I., Ismail, W. N. W., Hussain, A. H., & Abdul Maulud, K. N. (2021). *Indoor environmental quality towards classroom comfort level*. Applied Sciences, 11(13), 5866. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11135866>
- Ong, E. T., Govindasamy, D., Singh, C. K. S., Ibrahim, M. N., Wahab, N. A., Borhan, M. T., & Tho, S. W. (2021). *The 5E inquiry learning model*. Cakrawala Pendidikan, 40(1), 170–182. DOI: 10.21831/cp.v40i1.33415
- Pavlis, P. (2025). *Teaching critical thinking in the age of artificial intelligence*. Online Submission.
- Saleem, A., Kausar, H., & Deebea, F. (2021). *Social constructivism: A new paradigm in teaching and learning environment*. Perennial Journal of History, 2(2), 403–421. Retrieved from: <https://url-shortener.me/DQVF>
- Sabli, H. M., Narawi, N. I., Zulhasrizan, N. V., & Narzeri, S. R. (2024). Pembangunan Persekitaran Pembelajaran yang Mampan: Peranan Kecerdasan Buatan Dalam Pendidikan Tinggi. In *Proceeding Of International Conference on Engineering, Technology & Social Science (ICETSS)* (Vol. 1, pp. 157-161). Retrieved from: <https://icetss.pmu.edu.my/index.php/icetss2024/article/view/59>
- Sarwari, A. Q., & Adnan, H. M. (2024). *The effectiveness of artificial intelligence (AI) on daily educational activities of undergraduates*. DOI: 10.25082/AMLER.2024.01.004
- Schroeder, D. (2024). *Critical thinking in a collaborative learning environment*. BU Journal of Graduate Studies in Education, 16, 1. Retrieved from: <https://url-shortener.me/DQVS>
- Sharma, A. (2024). *The role of collaborative learning in enhancing student critical thinking skills*. Unified Visions, 180. DOI: 10.25215/8198189815.21
- Sharples, M. (2023). *Towards social generative AI for education*. Learning: Research and Practice, 9(2), 159–167. DOI:10.1080/23735082.2023.2261131
- Shi, L., Muhammad Umer, A., & Shi, Y. (2023). *Utilizing AI models to optimize blended teaching effectiveness*. Cogent Education, 10(2), 2282804. DOI: 10.1080/2331186x.2023.2282804
- Simanungkalit, I., Wardi, W., Jaya, C. A., & Loretha, A. F. (2024). *The effectiveness of AI-based video to increase digital literacy*. Journal of Curriculum Indonesia, 7(1), 9–16. Retrieved from: hipkinjateng.org/jurnal/index.php/jci
- Steffe, L. P., & Gale, J. E. (1995). *Constructivism in education*. Psychology Press.
- Sripan, T., & Lertpongrujikhorn, N. (2025). *AI-powered learning activities for enhancing student competencies*. Journal of Education and Learning, 14(3), 282–295. DOI:10.5539/jel.v14n3p282
- Tumiran, M. A., Baharuddin, B. H., & Mohammad, N. (2025). Potensi Kecerdasan Buatan (Ai) Dalam Sistem Pendidikan Di Malaysia: Analisis Kandungan: The Potential Of Artificial Intelligence (AI) In The Malaysian In Education System: Content Analysis. *Quantum Journal Of Social Sciences And Humanities*, 6(2), 237-250. DOI: <https://doi.org/10.55197/qjssh.v6i2.638>
- Wong, S.Y., Liang, J.C. & Tsai, C.C. Uncovering Malaysian Secondary School Students' Academic Hardiness in Science, Conceptions of Learning Science, and Science Learning Self-Efficacy: a Structural Equation Modelling Analysis. *Res Sci Educ* 51 (Suppl 2), 537–564 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09908-7>.
- Xu, Q. (2024). *Action research plan: A methodology to examine the impact of artificial intelligence (AI) on the cognitive abilities of university students*. Discover Education, 3(1), 224. DOI: doi.org/10.1007/s44217-024-00330-4

- Xu, W., & Ouyang, F. (2022). *The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021*. International Journal of STEM Education, 9, Article 59. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>
- Yang, T. C., Hsu, Y. C., & Wu, J. Y. (2025). *The effectiveness of ChatGPT in assisting high school students in programming learning*. Interactive Learning Environments. DOI:10.1080/10494820.2025.2450659
- Yahaya, S. N., Bakar, M. H., Jabar, J., Abdullah, M. M., & Segaran, Y. (2024). *Evaluating students' acceptance of AI chatbot*. International Journal of Sustainable Development & Planning, 19(1). DOI: 10.18280/ijstdp.190119
- Yreck, S. (2024). *The effectiveness of STEM education programs on enhancing critical thinking skills*. Asian Journal of Educational Research, 12(2), 23–35. DOI: <http://doi.org/10.47616/jamres.v5i2.531>
- Zhou, X., & Schofield, L. (2024). *Using social learning theories to explore the role of generative artificial intelligence*. Journal of Learning Development in Higher Education, 30. DOI: <https://doi.org/10.47408/jldhe.vi30.1031>
- Zohuri, B., & Mossavar-Rahmani, F. (2024). *Revolutionizing education: The dynamic synergy of personalized learning and artificial intelligence*. International Journal of Advanced Engineering and Management Research, 9(1), 143-153. DOI: <http://doi.org/10.51505/ijaemr.2024.9111>