

KONSEP PEMPERIBADIAN KOGNITIF DAN MAKLUM BALAS ADAPTIF UNTUK MENYOKONG PEMBELAJARAN KANAK-KANAK

ⁱNor Hidayah Hussain, ⁱⁱNadiah Yusof, & ⁱⁱⁱTengku Siti Meriam Tengku Wook, Siti Fadzilah Mat Noor, Hazura Mohamed,

ⁱFaculty of Creative Multimedia and Computing, Universiti Islam Selangor, Malaysia

ⁱⁱFaculty of Computing & Multimedia, Universiti Poly-Tech Malaysia, Malaysia

ⁱⁱⁱFaculty of Information Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor, Malaysia

*(Corresponding author) e-mail: hidayah@uis.edu.my

Article history:

Submission date: 24 October 2025

Received in revised form: 15 December 2025

Acceptance date: 16 December 2025

Available online: 17 December 2025

Keywords:

Pembelajaran aktif, maklum balas adaptif, kecerdasan buatan, antara muka multimodal, kanak-kanak

Funding:

This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Competing interest:

The author(s) have declared that no competing interests exist.

Cite as:

Hussain, N. H., Yusof, N. ., Tengku Wook, T. S. M., & Mat Noor, S. F. . (2025). Konsep Perperibadian Kognitif dan Maklum Balas Adaptif untuk Menyokong Pembelajaran Kanak-Kanak: Cognitive Personalization and Adaptive Feedback for Supporting Children's Learning (H. . Mohamed, Trans.). *Malaysian Journal of Information and Communication Technology (MyJICT)*, 10(2), 40-47.
<https://doi.org/10.53840/myjict10-2-231>



© The authors (2025). 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 myjict@uis.edu.my.

ABSTRAK

Kemunculan aplikasi pembelajaran multimodal yang memperkenalkan pelbagai input mod interaksi seperti sentuhan, suara, isyarat mata dan gerak isyarat menawarkan pengalaman pembelajaran yang dinamik dan interaktif kepada kanak-kanak di peringkat prasekolah. Namun begitu, penggunaan mekanisme maklum balas statik yang tidak disesuaikan mengikut tahap kemahiran kanak-kanak yang berbeza menyebabkan mereka masih perlu bergantung kepada orang dewasa untuk melakukan interaksi multi sentuh. Hal ini menimbulkan cabaran isu kognitif, kurang keterlibatan secara aktif dalam proses pembelajaran, seterusnya menjejaskan kefahaman dalam pencapaian objektif pembelajaran. Keadaan ini menghalang perkembangan pembelajaran sendiri yang merupakan elemen penting dalam pendidikan abad ke-21. Objektif kajian adalah meneroka persekitaran pembelajaran adaptif melalui gabungan konsep perperibadian (personalized) kognitif dan maklum balas dinamik pada aplikasi untuk menyokong pembelajaran kanak-kanak. Kajian ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur melibatkan empat fasa iaitu pencarian literatur, kriteria pemilihan, analisis dan sintesis, serta pembentukan kerangka konseptual. Hasil kajian adalah kerangka konseptual yang mengetengahkan potensi Kecerdasan Buatan (AI) dalam menyediakan pengalaman pembelajaran yang diperibadikan dan interaktif di peringkat awal kanak-kanak. Ini selaras dengan prinsip yang digariskan dalam Pelan Hala Tuju Kecerdasan Buatan Negara 2021–2025, khususnya aspek pembangunan ciri AI yang bermanfaat untuk kepelbagaian pelajar.

COGNITIVE PERSONALIZATION AND ADAPTIVE FEEDBACK FOR SUPPORTING CHILDREN'S LEARNING

Abstract

The emergence of multimodal learning application that contain several modes input such as touch, voice, eye gaze and gesture promotes a dynamic and interactive learning experience to the preschool children. Nevertheless, the use of static feedback mechanisms that are not tailored to children's varying developmental skill levels causes them to rely on adults to perform multi-touch gestures. This may lead to cognitive overload, reduced engagement in the learning process, which in turn affects children's comprehension and the achievement of learning objectives. Such conditions hinder the development of self-directed learning, which is an important element of 21st-century learning. The objective of this study is to explore an adaptive learning environment through the integration of adaptive feedback and cognitively personalised concepts within mobile applications to support children's learning. The method employed is a literature review consisting of four phases, namely literature search, selection criteria, analysis and synthesis, and the development of a conceptual framework. The result of this study is a conceptual framework that highlights the potential of Artificial Intelligence in providing a personalised and interactive learning experience for preschool children. This framework aligns with the principles outlined in the National Artificial Intelligence Roadmap 2021–2025, particularly in the development of AI features that support learner diversity.

Pengenalan

Perkembangan pesat teknologi digital telah mengubah landskap Pendidikan awal kanak-kanak melalui kemunculan aplikasi pembelajaran multimodal yang menawarkan penggunaan pelbagai saluran deria untuk berinteraksi. Antara muka aplikasi multimodal terdiri daripada beberapa input mod seperti sentuhan, suara, isyarat mata dan pelbagai input lain berupaya menjadikan interaksi dan pengalaman pembelajaran kanak-kanak lebih dinamik dan menyeronokkan.

Kajian lepas aplikasi pembelajaran multimodal telah dibangun oleh (Hussain et al., 2017; Hussain et al., 2018) menggabung gerak isyarat multi-sentuh dan input suara bagi meningkatkan keterlibatan dan motivasi kanak-kanak dalam pembelajaran. Walau bagaimanapun, penyediaan maklum balas statik pada sistem yang menyediakan maklum balas yang sama untuk semua kumpulan umur kanak-kanak prasekolah menyebabkan kebergantungan mereka kepada bantuan orang dewasa semasa menyelesaikan tugas (Mao et al., 2024). Berdasarkan model gaya pembelajaran Felder-Silverman, kanak-kanak memproses maklumat secara berbeza bergantung kepada deria, kognitif, dan pemilihan pembelajaran aktif masing-masing. Keadaan ini bukan sahaja meningkatkan beban kognitif kanak-kanak apabila berhadapan dengan kesukaran (Neumann & Neumann, 2017; Nacher et al., 2015), malah mengurangkan penglibatan aktif dan minat mereka dalam pembelajaran. Kebergantungan ini menghalang berlakunya pembelajaran sendiri serta penerapan kemahiran abad ke-21 dalam pendidikan awal kanak-kanak.

Keterbatasan maklum balas statik pada sistem memerlukan penyelesaian yang lebih responsif seperti pendekatan adaptif yang mampu menyokong keperluan pembelajaran kanak-kanak yang pelbagai dan dinamik dalam persekitaran multimodal (Xie et al., 2022). Cabaran dalam penyelesaian bukan sahaja meliputi aspek penyediaan maklum balas, malah dalam memastikan maklum balas dapat disesuaikan dengan tahap kemahiran kanak-kanak, dalam masa yang sama mengekalkan minat dan keterlibatan mereka dalam pembelajaran (Hwang et al., 2020). Perkembangan inovasi dalam teknologi kecerdasan buatan (AI) dilihat berpotensi untuk memenuhi jurang antara keupayaan teknologi dan keperluan pembelajaran kanak-kanak. Pembangunan persekitaran pembelajaran adaptif melalui gabungan konsep pemberibadian kognitif dan maklum balas dinamik berpotensi menyediakan aplikasi pembelajaran multimodal yang dinamik mengikut keperluan kanak-kanak secara masa nyata.

Objektif utama kajian adalah membangun kerangka konseptual yang menggabung konsep pemberibadian kognitif dan maklum balas dinamik pada aplikasi multimodal kanak-kanak peringkat prasekolah dalam persekitaran pembelajaran adaptif. Gabungan konsep ini berupaya menentukan tahap pembelajaran

kanak-kanak, memantau pelaksanaan interaksi secara masa nyata, serta menyesuaikan maklum balas mengikut keupayaan kanak-kanak. Pendekatan ini berpotensi mengurangkan bebanan kognitif, meningkatkan keterlibatan serta menyokong pembelajaran sendiri kanak-kanak, sejajar dengan aspirasi Pelan Hala Tuju Kecerdasan Buatan Negara 2021–2025.

Bahagian seterusnya membincangkan sorotan kajian lepas meliputi pendekatan maklum balas dalam aplikasi kanak-kanak, manfaat teknologi AI dan fungsi sokongan AI, keberkesanan penggunaan AI dalam aplikasi pembelajaran kanak-kanak, konsep pembelajaran adaptif, maklum balas dinamik, strategi pemeribadian berdasarkan tahap kognitif, serta cabaran dan jurang dalam pembelajaran sendiri kanak-kanak. Seterusnya metodologi kajian yang digunakan dalam pembangunan kerangka konseptual. Diikuti dengan cadangan kerangka konseptual gabungan konsep pemeribadian kognitif dan maklum balas dinamik. Serta bahagian akhir merumuskan kesimpulan dan cadangan kajian lanjutan.

Kajian Literatur

Bahagian ini mengupas kajian lepas merangkumi pendekatan maklum balas dalam aplikasi pembelajaran kanak-kanak, bebanan kognitif dan keterlibatan kanak-kanak dalam pembelajaran, manfaat teknologi AI dan fungsi sokongan AI, keberkesanan penggunaan AI dalam aplikasi pembelajaran kanak-kanak, konsep pembelajaran adaptif, maklum balas dinamik, strategi pemeribadian berdasarkan tahap kognitif, serta cabaran dan jurang dalam pembelajaran sendiri kanak-kanak.

Pendekatan Maklum Balas dalam Aplikasi Pembelajaran Kanak-Kanak

Maklum balas dalam aplikasi pembelajaran merujuk kepada respons sistem terhadap tindakan pengguna bagi membimbing kefahaman dan menyokong proses pembelajaran. Penggunaan kaedah ini dalam aplikasi kanak-kanak dapat membantu menggantikan bimbingan orang dewasa, meningkatkan motivasi, serta mengekalkan keterlibatan dalam pembelajaran digital (Plass et al., 2015). Terdapat dua jenis maklum balas iaitu secara statik, dan dinamik/adaptif. Maklum balas statik dalam aplikasi pembelajaran adalah penyediaan respons seragam tanpa mengambil kira perbezaan tahap kemahiran, kesukaran tugasan, atau perkembangan kognitif individu kanak-kanak. Manakala, maklum balas adaptif disesuaikan dengan prestasi dan interaksi pengguna dan berupaya mengurangkan bebanan kognitif serta menyokong pembelajaran sendiri kanak-kanak (Shute & Rahimi, 2017).

Contoh maklum balas statik adalah seperti penyediaan maklum balas yang sama diberikan kepada semua pengguna kanak-kanak berkaitan pelaksanaan prestasi tugasan, dan tidak berubah mengikut keupayaan kanak-kanak secara individu. Kaedah maklum balas ini kurang berkesan untuk digunakan dalam tugasan yang mempunyai tahap kesukaran berbeza kerana tidak menyediakan sokongan pembelajaran yang bersesuaian dengan keperluan kognitif kanak-kanak (Mao et al., 2024). Ini boleh meningkatkan bebanan kognitif mereka, mengurangkan kefahaman, serta menyebabkan kanak-kanak bergantung kepada bantuan orang dewasa berbanding pembelajaran sendiri. Berbeza dengan maklum balas adaptif, kajian menunjukkan penggunaan kaedah ini dapat meningkatkan keterlibatan pelajar, menyokong penglibatan aktif, dan menyokong pembelajaran sendiri dengan cara yang lebih responsif terhadap keperluan pembelajaran individu (Yaseen et al., 2025; Mejeht et al., 2024).

Bebanan Kognitif dan Keterlibatan Kanak-Kanak dalam Pembelajaran

Sementara itu, isu bebanan kognitif menjadi aspek penting yang mempengaruhi keberkesanan pembelajaran digital kanak-kanak. Teori Bebanan Kognitif (*Cognitive Load Theory*) menghurai kapasiti memori kerja kanak-kanak adalah terhad, dan reka bentuk pembelajaran yang tidak selaras dengan keupayaan kognitif mereka boleh menghalang proses pemahaman dan pembinaan pengetahuan baharu (Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011). Dalam konteks pembelajaran digital, reka bentuk interaksi dan mekanisme maklum balas memainkan peranan signifikan dalam menentukan tahap bebanan kognitif yang dialami oleh kanak-kanak. Maklum balas yang tidak sesuai, terlalu umum, atau tidak disesuaikan dengan tahap kemahiran individu berpotensi meningkatkan bebanan kognitif ekstrinsik, seterusnya menjejaskan kefahaman dan prestasi pembelajaran (Mayer, 2020).

Aspek kedua yang penting adalah tahap keterlibatan aktif kanak-kanak dalam pembelajaran digital. Ia dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, termasuk kejelasan maklum balas, kesesuaian tahap kesukaran tugas, serta keupayaan sistem untuk bertindak balas secara bermakna terhadap interaksi pengguna (Plass, Homer, & Kinzer, 2015). Kajian terdahulu menunjukkan bahawa bebanan kognitif yang berlebihan bukan sahaja mengurangkan keterlibatan kanak-kanak, malah turut memberi kesan negatif terhadap kefahaman konsep dan pencapaian objektif pembelajaran (Sweller et al., 2019). Oleh itu, pengurusan bebanan kognitif melalui reka bentuk interaksi dan maklum balas yang adaptif adalah kritikal bagi memastikan kanak-kanak dapat terlibat secara aktif serta menyokong pencapaian pembelajaran yang bermakna dalam persekitaran pembelajaran digital.

Manfaat Teknologi AI dan Fungsi Sokongan AI

Kajian terkini oleh Tan (2025) mengulas mengenai platform pembelajaran adaptif yang menggunakan AI bukan sahaja menyesuaikan kandungan dan strategi pembelajaran mengikut keperluan individu, tetapi juga menyediakan sokongan melalui maklum balas masa nyata, penjejak interaksi, dan modul bimbingan yang responsif. Sebagai contoh dalam sistem seperti *NeuroChat* (Baradari et al., 2025), AI digunakan untuk mengesan tahap keterlibatan kognitif pelajar secara real-time dan menyesuaikan gaya respons, kompleksiti kandungan dan kelajuan pembelajaran berdasarkan data tersebut.

Keberkesanan Penggunaan AI dalam Aplikasi Pembelajaran Kanak-Kanak

Walaupun banyak kajian yang melibatkan pelajar K-12 atau dewasa, terdapat bukti positif bahawa penggunaan modul AI adaptif meningkatkan prestasi pembelajaran dan kepuasan pelajar. Sebagai contoh, sistem *Adaptive AI-Based Personalized Learning* (2024) menunjukkan bahawa adaptasi masa nyata kepada tahap pelajar mempercepat perkembangan kosa kata dan ketepatan sintaks bahasa. Selain itu, ulasan sistem ITS (*Intelligent Tutoring Systems*) menunjukkan kesan positif pada prestasi pelajar sekolah rendah dan menengah apabila sistem menyediakan penyesuaian berkala dan maklum balas adaptif berbanding sistem statik.

Konsep Pembelajaran Adaptif

i. Maklum Balas Dinamik

Kajian Wang dan Fan (2025) mendapati bahawa maklum balas yang dihasilkan oleh ChatGPT dan sistem AI adaptif dapat memperbaiki kualiti justifikasi pelajar dalam tugas menulis berbanding maklum balas statik, menunjukkan bahawa jenis maklum balas yang berubah mengikut respons pelajar memberi impak yang signifikan. Selain itu, Yaseen et al. (2025) membuat ulasan mengenai penggunaan AI dengan maklum balas serta interaksi masa nyata (real-time feedback) dikaitkan dengan peningkatan keterlibatan pelajar.

ii. Strategi Pemberibadian Berdasarkan Tahap Kognitif

Sistem “*Adaptive AI-Based Personalized Learning*” menyediakan laluan pembelajaran yang berbeza mengikut tahap pelajar dan menggunakan analisis masa nyata untuk menentukan kesesuaian pelajar untuk berubah ke tahap yang lebih tinggi atau memerlukan sokongan tambahan. Ulasan oleh ITS dan ALP juga melihat pemberibadian kandungan mengikut tahap penguasaan pelajar sebagai faktor penting dalam meningkatkan hasil pembelajaran.

Cabaran dan Jurang dalam Pembelajaran Kendiri Kanak-Kanak

Walaupun pembelajaran sendiri mempunyai potensi yang tinggi, terdapat beberapa cabaran dan jurang yang dikenalpasti dalam literatur terkini. Antaranya ialah kekurangan kajian khusus yang menfokus kepada aplikasi pembelajaran multimodal untuk kanak-kanak prasekolah yang menggunakan maklum balas adaptif penuh (termasuk jenis kesalahan, masa respons - dan bilangan percubaan) secara masa nyata.

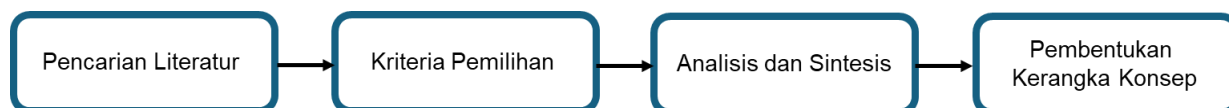
Selain itu, masih terdapat persoalan tentang keberkesanan sistem AI dalam jangka masa panjang, sama ada ia mampu mengekalkan keseimbangan antara menyediakan bantuan dengan tidak menambah beban kognitif kepada kanak-kanak. Pada masa yang sama, penting untuk memastikan AI tidak mengambil alih sepenuhnya peranan orang dewasa, sebaliknya berfungsi sebagai sokongan untuk menggalakkan pembelajaran sendiri kanak-kanak. (Yaseen et al., 2025).

Metodologi Kajian

Pendekatan kajian menggunakan kaedah tinjauan literatur berasaskan sumber sekunder seperti artikel dan jurnal penyelidikan. Kaedah ini digunakan untuk membantu memantapkan pemahaman penyelidik, mengkaji teori dan hasil kajian penyelidik lain, serta menganalisis penyelidikan yang berkaitan dalam membangun kerangka konseptual gabungan berperibadian kognitif dan maklum balas adaptif dinamik dalam aplikasi pembelajaran multimodal kanak-kanak.

Terdapat empat fasa yang terlibat dalam pembangunan kerangka konseptual kajian iaitu pencarian literatur, kriteria pemilihan, analisis dan sintesis, serta pembentukan kerangka konseptual seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.

Rajah 1: Fasa Kaedah Tinjauan Literatur



Fasa pertama melibatkan proses pencarian literatur melalui pangkalan data utama iaitu SpringerLink, ScienceDirect, IEEE Xplore, arXiv, dan Google Scholar. Pencarian dihadkan kepada artikel semasa antara tahun 2020 hingga 2025 bagi memastikan data yang diperolehi adalah tepat dan terkini. Sebanyak 23 artikel dipilih untuk dirujuk dalam kajian ini. Antara kata kunci yang digunakan adalah “*static feedback*”, “*dynamic feedback*”, “*independent learning*”, “*personalized learning*”, “*adaptive learning system*”, “*adaptation approach*”, “*children learning styles*”.

Selain itu, penyelidik menetapkan kriteria inklusif dan eksklusif dalam pemilihan artikel bagi memastikan artikel yang dipilih menepati literatur yang diperlukan dan berkait dengan kajian sahaja. Kriteria inklusif meliputi artikel jurnal dan prosiding yang membincangkan aplikasi pembelajaran kanak-kanak, pengguna kanak-kanak peringkat prasekolah berumur 4 hingga 6 tahun, sistem pembelajaran adaptif, strategi adaptasi, interaksi multimodal, maklum balas sistem, dan *personalization*. Manakala kriteria eksklusif adalah kajian yang hanya fokus kepada orang dewasa, sistem e-learning umum tanpa elemen adaptasi, atau artikel tidak berindeks akademik.

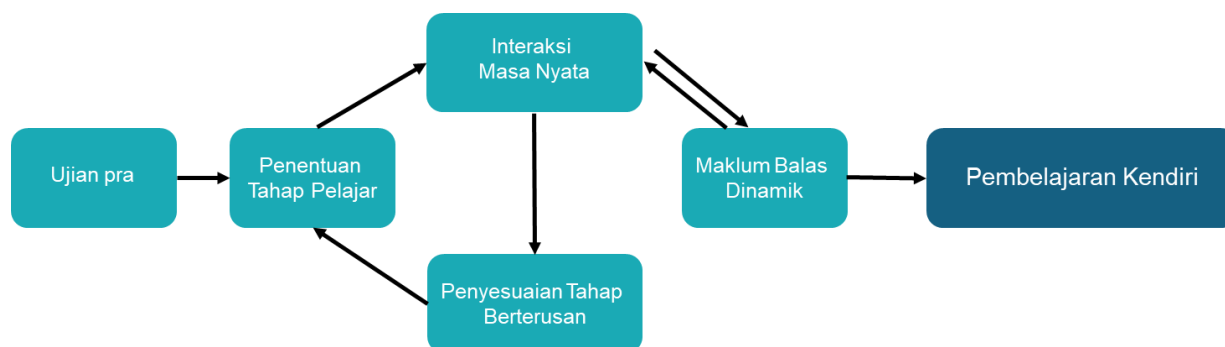
Seterusnya, fasa ketiga melibatkan analisis dan sintesis literatur yang dipilih secara berstruktur berdasarkan konsep utama kajian. Setiap artikel dianalisis dengan meneliti fokus kajian, pendekatan teknologi yang digunakan, mekanisme maklum balas, serta implikasinya terhadap pembelajaran dan keterlibatan kanak-kanak. Dapatan daripada analisis ini kemudiannya dibandingkan merentas kajian bagi mengenal pasti persamaan, perbezaan, dan hubungan antara konsep, khususnya berkaitan pendekatan maklum balas dalam aplikasi kanak-kanak, manfaat dan fungsi sokongan teknologi Kecerdasan Buatan (AI), keberkesanan penggunaan AI dalam aplikasi pembelajaran kanak-kanak, konsep pembelajaran adaptif, maklum balas dinamik, strategi berperibadian kognitif, serta cabaran dan jurang dalam menyokong pembelajaran sendiri kanak-kanak.

Melalui proses perbandingan dan pengelompokan konsep secara berperingkat, komponen yang saling berkaitan digabungkan bagi membentuk struktur konseptual yang koheren. Hasil analisis dan sintesis literatur ini seterusnya digunakan sebagai asas untuk membangunkan satu kerangka konseptual yang menggabungkan konsep berperibadian kognitif dan maklum balas dinamik pada aplikasi pembelajaran multimodal kanak-kanak.

Kerangka Konseptual Gabungan Perperibadian Kognitif dan Maklum Balas Adaptif dalam Aplikasi Kanak-Kanak

Rajah 2 menunjukkan kerangka konseptual yang telah dibangunkan berdasarkan dapatan literatur berkaitan strategi pembelajaran adaptif dan perperibadian dalam aplikasi pembelajaran kanak-kanak.

Rajah 2: Kerangka Konseptual Gabungan Perperibadian Kognitif dan Maklum Balas Adaptif



Pada peringkat awal, proses ujian pra kognitif dijalankan bagi mengenal pasti dan menentukan tahap kemahiran kanak-kanak sama ada di peringkat novis, pertengahan, atau mahir (Shute & Towle, 2003; Kobsa, 2007). Hasil ujian ini membentuk profil pengguna yang membantu sistem dalam menyediakan tahap sokongan yang diperlukan.

Seterusnya, interaksi masa nyata melibatkan pemantauan oleh sistem aplikasi terhadap tugas multi sentuh atau input suara yang dilaksana oleh kanak-kanak. Maklum balas (seperti visual, audio, atau animasi) akan diberikan secara dinamik kepada kanak-kanak berdasarkan pengukuran bilangan percubaan, bilangan kesalahan, dan masa yang diambil untuk menyiapkan tugas (Mayer, 2021; Nacher & Jaen, 2015; Moreno & Mayer, 2007). Pendekatan ini membolehkan sistem memberi bantuan segera yang disesuaikan dengan kesukaran yang dialami kanak-kanak, sekali gus mengurangkan kebergantungan kepada orang dewasa.

Sementara itu, mekanisme penyesuaian tahap berterusan diperlukan untuk membolehkan sistem mengubah tahap bimbingan yang diperlukan kanak-kanak, sama ada prestasi semakin menaik (baik) atau menurun. Ini dilakukan berdasarkan sistem prestasi yang direkodkan berdasarkan beberapa kali tugas yang telah dibuat. Sistem akan menyesuaikan iaitu menambah atau mengurangkan tahap bimbingan yang diperlukan seterusnya (Brusilovsky & Millán, 2007; Alshammari et al., 2015).

Gabungan kedua-dua konsep ini iaitu perperibadian tahap kognitif dan maklum balas adaptif dinamik dijangka dapat menyokong perkembangan pembelajaran sendiri kanak-kanak dengan lebih efektif, seiring dengan keperluan pendidikan abad ke-21 (UNESCO, 2022).

Kesimpulan dan Kajian Lanjutan

Kajian ini membincangkan keperluan menggunakan pendekatan maklum balas statik sebagai penyelesaian yang lebih responsif melalui gabungan kognitif diperibadikan dan maklum balas adaptif dalam aplikasi pembelajaran multimodal kanak-kanak prasekolah. Kerangka konseptual yang dicadang memperlihatkan potensi kecerdasan buatan (AI) dalam membina persekitaran pembelajaran yang disesuaikan mengikut tahap kemahiran kanak-kanak prasekolah secara masa nyata, sekali gus menyokong pembelajaran sendiri, mengurangkan beban kognitif, serta meningkatkan penglibatan aktif (Yaseen et al., 2025). Pendekatan ini bukan sahaja selaras dengan keperluan pendidikan abad ke-21, malah seiring dengan aspirasi Pelan Hala Tuju Kecerdasan Buatan Negara 2021–2025 yang menekankan pembangunan ciri AI yang inklusif dan bermanfaat (MOSTI, 2021).

Walau bagaimanapun, kerangka ini masih bersifat konseptual dan memerlukan pengesahan melalui kajian empirikal. Oleh itu, kajian lanjutan dicadangkan untuk:

- a. Membangun dan membuat pengujian prototaip aplikasi berdasarkan kerangka ini, bagi menilai kebolegunaan dan keberkesanan dalam konteks pendidikan awal kanak-kanak (Li et al., 2025).
- b. Melaksanakan eksperimen terkawal bersama kumpulan kanak-kanak prasekolah untuk mengukur impak pemberibadian kognitif dan maklum balas adaptif terhadap keterlibatan, motivasi, serta pencapaian pembelajaran (Yaseen et al., 2025).
- c. Menjalankan kajian longitudinal untuk menilai kesan jangka panjang terhadap pembelajaran sendiri, literasi digital, dan kemahiran abad ke-21.
- d. Meneliti aspek etika dan privasi data kanak-kanak dalam penggunaan aplikasi berasaskan AI, termasuk persetujuan ibu bapa dan peranan teknologi berbanding bimbingan manusia (Ayeeni et al., 2024).

Kesimpulannya, gabungan konsep pemberibadian kognitif dan maklum balas adaptif mempunyai potensi besar untuk meningkatkan reka bentuk aplikasi pembelajaran kanak-kanak. Melalui sokongan penyelidikan empirikal berterusan, pendekatan ini berupaya menyumbang kepada transformasi pendidikan digital, di samping menyokong agenda inovasi pendidikan negara (Yaseen et al., 2025).

Penghargaan

Kajian ini mendapat tajaan daripada Universiti Islam Selangor.

References

- Alshammari, M., Anane, R., & Hendley, R. (2015). Adaptivity in e-learning systems. *Smart Learning Environments*, 2(1), 1–19.
- Ayeeni, O. O., Al Hamad, N. M., Chisom, O. N., Osawaru, B., & Adewusi, O. E. (2024). AI in education: A review of personalized learning and educational technology. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(2), 261–271.
- Baradari, F., Wang, C., & Liu, J. (2025). NeuroChat: A neuroadaptive AI chatbot for customizing learning experiences. *arXiv preprint arXiv:2503.07599*. <https://arxiv.org/abs/2503.07599>
- Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. In P. Brusilovsky, A. Kobsa, & W. Nejdl (Eds.), *The adaptive web: Methods and strategies of web personalization* (pp. 3–53). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_1
- Gkintoni, E., Antonopoulou, H., Sortwell, A., & Halkiopoulos, C. (2025). Challenging cognitive load theory: The role of educational neuroscience and artificial intelligence in redefining learning efficacy. *Brain Sciences*, 15(2), 203.
- Hussain, N. H., Wook, T. S. M., Mat Noor, S. F., & Mohamed, H. (2017). Multi-touch gestures in multimodal systems interaction among preschool children. *2017 6th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, 1–6.
- Hussain, N. H., Wook, T. S. M., Mat Noor, S. F., & Mohamed, H. (2018). Speech input as an alternative mode to perform multi-touch gestures. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 16(3), 1367–1375.
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 1, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Kobsa, A. (2007). Generic user modeling systems. In P. Brusilovsky, A. Kobsa, & W. Nejdl (Eds.), *The adaptive web: Methods and strategies of web personalization* (pp. 136–154). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72079-9_4
- Li, Y., Zhang, L., & Chen, X. (2025). Design and evaluation of children's education interactive learning system based on human computer interaction technology. *Scientific Reports*, 15, 90800.
- Mao, P., Cai, Z., Wang, Z., Hao, X., Fan, X., & Sun, X. (2024). The effects of dynamic and static feedback under tasks with different difficulty levels in digital game-based learning. *The Internet and Higher Education*, 60, 100923.

- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333>
- Mejeh, M., Sarbach, L., & Hascher, T. (2024). *Effects of adaptive feedback through a digital tool – a mixed-methods study on the course of self-regulated learning*. *Education and Information Technologies*, 29, 12510–12510. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12510-8>
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- MOSTI. (2021). *Pelan Hala Tuju Kecerdasan Buatan Negara 2021–2025*. Putrajaya: Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi.
- Nacher, V., & Jaen, J. (2015). Evaluating the accuracy of pre-kindergarten children multi-touch interaction. *International Federation for Information Processing*, 9297(11), 159–176.
- Nacher, V., Jaen, J., Catala, A., Navarro, E., & González, P. (2015). Multi-touch gestures for pre-kindergarten children. *International Journal of Human–Computer Studies*, 73, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.08.004>
- Neumann, M. M., & Neumann, D. L. (2017). The use of touch-screen tablets at home and pre-school to foster emergent literacy. *Journal of Early Childhood Literacy*, 17(2), 203–220. <https://doi.org/10.1177/1468798415619773>
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, 50(4), 258–283. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Shute, V. J., & Rahimi, S. (2017). Review of computer-based assessment for learning in elementary and secondary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(1), 1–19. <https://doi.org/10.1111/jcal.12172>
- Shute, V. J., & Towle, B. (2003). Adaptive e-learning. *Educational Psychologist*, 38(2), 105–114. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3802_5
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Tan, S. (2025). Artificial intelligence-enabled adaptive learning platforms: A review. *Education and Information Technologies*, 30(1), 55–72.
- Tang, K. S., Murcia, K., Brown, J., Cross, E., Mennell, S., Seitz, J., ... & Sabatino, D. (2024). Exploring the multimodal affordances of digital coding devices in fostering creative thinking in early childhood education. *Thinking Skills and Creativity*, 53, 101602.
- The Society of Artificial Intelligence (THESAI). (2024). Adaptive AI-based personalized learning for accelerated vocabulary and syntax learning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 15(4), 587–596. https://thesai.org/Downloads/Volume16No4/Paper_67-Adaptive_AI_Based_Personalized_Learning.pdf
- Undheim, M. (2022). Children and teachers engaging together with digital technology in early childhood education and care institutions: A literature review. *European early childhood education research journal*, 30(3), 472–489.
- UNESCO. (2022). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
- Wang, J., & Fan, W. (2025). The effect of ChatGPT on students’ learning performance, learning perception, and higher-order thinking: insights from a meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 1–21.
- Xie, H., Chu, H. C., Hwang, G. J., & Wang, C. C. (2022). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers & Education*, 169, 104214. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104214>
- Yaseen, H., Mohammad, A. S., Ashal, N., Abusaimh, H., Ali, A., & Sharabati, A.-A. A. (2025). *The Impact of Adaptive Learning Technologies, Personalized Feedback, and Interactive AI Tools on Student Engagement: The Moderating Role of Digital Literacy*. *Sustainability*, 17(3), 1133. <https://doi.org/10.3390/su17031133>
- Yaseen, Z., Banihashem, S. K., & Afshari, M. (2025). The role of AI in sustainable and adaptive education systems. *Sustainability*, 17(3), 1133.