

Pembinaan Model Brain Gym Integrasi AI dan Realiti Terimbuh untuk Transformasi Fokus Pembelajaran

Brain Gym Model Development: Integrating AI and Augmented Reality to Transform Learning Focus

Lau Shiau Ching*

Fakulti Pendidikan Universiti Sains Malaysia, Malaysia

*Pengarang Koresponden: syaubari@fpm.upsi.edu.my

Diterima: 03 April 2025; **Disemak semula:** 5 Oktober 2025 **Diterima:** 15 November 2025; **Diterbitkan:** 19 Disember 2025

Untuk memetik artikel ini (APA): Lau, S. C. (2025). Pembinaan Model Brain Gym Integrasi AI dan Realiti Terimbuh untuk Transformasi Fokus Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Bitara UPSI*, 18(2), 190-201. <https://doi.org/10.37134/bitara.vol18.2.16.2025>

ABSTRAK

Brain Gym sebagai strategi pembelajaran berasaskan pergerakan diiktiraf mampu meningkatkan tumpuan dan fungsi eksekutif murid, namun pelaksanaannya masih dominan dalam bentuk tradisional yang kurang sejajar dengan keperluan pembelajaran digital dan inklusif masa kini. Kertas konsep ini mengemukakan pembinaan **model pengajaran Brain Gym Digital** yang mengintegrasikan **Kecerdasan Buatan (AI)** dan **Realiti Terimbuh (AR)** untuk **mentransformasi fokus pembelajaran** di bilik darjah inklusif peringkat sekolah rendah. Melalui sintesis literatur 2020–2025 tentang *active breaks/physically active lessons*, EdTech, dan aplikasi AI–AR, serta penggubalan metodologi **Reka Bentuk dan Pembangunan (DDR)** tiga fasa (Analisis Keperluan → Reka Bentuk & Pembangunan → Penilaian), kertas ini merumuskan kerangka konseptual yang mengandungi: rutin pergerakan berpandu AR dengan maklum balas masa nyata; modul **AI attention analytics** bagi pemberibadian tahap kesukaran dan tempo aktiviti; elemen **gamifikasi** untuk mengekalkan keterlibatan; serta **papan pemuka data** untuk guru memantau *time-on-task*, penglibatan, dan kemajuan individu. Model dicadangkan sejajar dengan UDL (Universal Design for Learning) dan garis panduan privasi data, serta disahkan melalui **Fuzzy Delphi Method** dan ujian rintis terhad sebelum penilaian keberkesanan berskala kecil. Sumbangan utama ialah (i) **teoritikal**—menggabungkan neuroeducation dengan inovasi AI–AR dalam satu kerangka yang padu; (ii) **metodologi**—memperkenalkan laluan DDR yang boleh diulang guna bagi intervensi berasaskan pergerakan; (iii) **praktikal**—menyediakan reka bentuk model, komponen, dan indikator hasil (tumpuan, motivasi, tingkah laku *on-task*); dan (iv) **dasar**—menyokong aspirasi PPPM 2013–2025 dan Pendidikan Inklusif. Keterbatasan semasa (belum diuji empirikal luas) diatasi melalui rancangan penilaian *mixed-methods* yang mengukur tumpuan, penglibatan, dan hasil akademik. Secara keseluruhan, model ini menawarkan laluan berimpak tinggi untuk penskalaan amalan pengajaran berasaskan pergerakan yang **data-driven**, inklusif, dan mampan.

Kata kunci: *Brain Gym*, Kecerdasan Buatan (AI), *Augmented Realiti* (AR), Fokus Pembelajaran.

ABSTRACT

Brain Gym, as a movement-based learning strategy, has long been recognized for its potential to enhance students' focus and executive functions, yet its implementation remains predominantly traditional and less aligned with the demands of today's digital and inclusive learning environments. This concept paper proposes the development of a **Digital Brain Gym Teaching Model** integrating **Artificial Intelligence (AI)** and **Augmented Reality (AR)** to **transform learning focus** in inclusive primary classrooms. Drawing upon a synthesis of 2020–2025 literature on *active breaks/physically active lessons*, EdTech, and AI–AR applications, and employing a three-phase **Design and Development Research**

(DDR) methodology (Needs Analysis → Design & Development → Evaluation), this paper formulates a conceptual framework consisting of: AR-guided movement routines with real-time feedback; **AI-driven attention analytics** to personalize task difficulty and pacing; gamification elements to sustain engagement; and a **teacher dashboard** for monitoring time-on-task, participation, and individual progress. The proposed model aligns with the principles of Universal Design for Learning (UDL) and data privacy guidelines, and will be validated through the **Fuzzy Delphi Method** and small-scale pilot testing before broader effectiveness evaluation. Its contributions include (i) **theoretical**—integrating neuroeducation with AI–AR innovations into a coherent framework; (ii) **methodological**—introducing a replicable DDR pathway for movement-based interventions; (iii) **practical**—providing a model design, components, and outcome indicators (focus, motivation, on-task behavior); and (iv) **policy-related**—supporting the aspirations of Malaysia’s Education Blueprint (PPPM 2013–2025) and Inclusive Education agenda. While current limitations (lack of wide empirical testing) remain, these are addressed through a planned mixed-methods evaluation measuring focus, engagement, and academic outcomes. Overall, this model offers a high-impact pathway for scaling movement-based teaching practices that are **data-driven**, inclusive, and sustainable.

Keywords: Brain Gym, Artificial Intelligence (AI), Augmented Reality (AR), Learning Focus;

PENGENALAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut strategi inovatif yang mampu meningkatkan fokus, motivasi, dan keterlibatan murid dalam konteks pembelajaran yang semakin kompleks. Murid generasi digital berhadapan cabaran tumpuan akibat pendedahan berlebihan kepada teknologi hiburan, gangguan persekitaran, dan beban akademik yang tinggi, yang akhirnya menjejaskan prestasi kognitif serta pencapaian pembelajaran (Tokuhamu-Espinosa, 2023). Dalam konteks ini, guru berperanan penting untuk memperkenalkan intervensi pembelajaran yang berkesan, khususnya dalam bilik darjah inklusif yang menempatkan murid pelbagai tahap keupayaan.

Brain Gym telah lama dikenali sebagai intervensi berasaskan pergerakan yang menggabungkan latihan fizikal ringkas untuk mengaktifkan otak kiri dan kanan serta menyokong fungsi neurologi. Kajian terkini menunjukkan bahawa aktiviti fizikal dan *active breaks* dalam pembelajaran mempunyai kesan positif terhadap tumpuan, memori kerja, dan penglibatan murid (Álvarez-Bueno et al., 2021). Tambahan pula, dapatan Watson et al. (2022) menegaskan bahawa rehat aktif di bilik darjah dapat meningkatkan prestasi kognitif dan mengurangkan tingkah laku negatif murid, manakala kajian Mavilidi et al. (2021) membuktikan keberkesanan *physically active lessons* dalam membantu ingatan jangka pendek serta fokus terhadap tugas. Walau bagaimanapun, pelaksanaan Brain Gym dalam bentuk konvensional didapati semakin kurang relevan kerana ia tidak berupaya menarik minat murid digital native (Abdul Rahman et al., 2022).

Bagi menjawab cabaran ini, integrasi teknologi digital dilihat sebagai pemangkin utama untuk menjadikan Brain Gym lebih interaktif, diperibadikan, dan inklusif. **Kecerdasan buatan (AI)** kini banyak diaplikasikan dalam pendidikan untuk menganalisis corak tumpuan murid, mengesan tahap penglibatan, dan memberi cadangan adaptif dalam pembelajaran (Chen et al., 2023). Selain itu, AI berperanan penting dalam menyokong pendidikan inklusif kerana ia mampu menyesuaikan kandungan mengikut keperluan murid berbeza (Huang et al., 2023). **Realiti terimbuh (AR)** pula terbukti meningkatkan keterlibatan dan motivasi murid dengan menyediakan pengalaman pembelajaran yang lebih imersif dan interaktif. Kajian Akçayır dan Akçayır (2022) melaporkan bahawa AR membantu murid memahami konsep abstrak dengan lebih jelas, manakala Pilotti dan Gutierrez (2021) menunjukkan AR dalam aktiviti fizikal meningkatkan *sense of presence* dan keterlibatan murid.

Di samping itu, gabungan AI dan gamifikasi terbukti berupaya memperkukuh tingkah laku *on-task* murid. Kajian Zhou et al. (2024) mendapati AI-driven gamification meningkatkan motivasi dan penglibatan aktif dalam bilik darjah inklusif. Dapatan ini memberi justifikasi bahawa penggabungan AI dan AR dalam Brain Gym berpotensi melahirkan intervensi baharu yang lebih menarik, menyeronokkan, dan responsif kepada keperluan murid.

Dalam konteks Malaysia, Abdul Rahman et al. (2022) menunjukkan bahawa rutin Brain Gym memberi kesan positif kepada motivasi dan pengurusan emosi murid pendidikan khas. Namun, pelaksanaannya masih bersifat manual tanpa integrasi teknologi moden. Keadaan ini menunjukkan adanya

jurang kajian yang signifikan. Selaras dengan aspirasi **Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM 2013–2025)** yang menekankan transformasi digital serta pendidikan inklusif, terdapat keperluan mendesak untuk membangunkan model Brain Gym digital berasaskan AI dan AR yang berimpak tinggi (Saedah, 2021).

Sehubungan itu, artikel ini mencadangkan pembinaan satu kerangka konseptual berasaskan **Reka Bentuk dan Pembangunan (Design and Development Research, DDR)** yang menggabungkan komponen Brain Gym dengan teknologi AI dan AR. Model ini bukan sahaja diharap dapat meningkatkan fokus dan motivasi murid, tetapi juga menyumbang kepada pencapaian pendidikan inklusif yang lebih responsif, diperibadikan, dan sejajar dengan keperluan abad ke-21.

PENYATAAN MASALAH

Isu kehilangan fokus dan penurunan tahap perhatian dalam kalangan murid abad ke-21 semakin ketara, terutama dengan dominasi gaya hidup digital yang cenderung kepada multitasking, hiburan segera, serta pendedahan skrin berlebihan. Fenomena ini bukan sahaja menjejaskan pencapaian akademik tetapi juga mempengaruhi kesihatan mental dan tingkah laku murid di bilik darjah (Tokuhamu-Espinosa, 2023). Walaupun pelbagai strategi telah diperkenalkan, masalah *short attention span* terus menjadi cabaran global dalam pendidikan, khususnya dalam bilik darjah inklusif yang menempatkan murid dengan tahap keupayaan berbeza.

Salah satu intervensi yang terbukti berkesan ialah **Brain Gym**, iaitu rutin pergerakan ringkas untuk merangsang fungsi neurologi dan meningkatkan fokus. Kajian terkini menunjukkan bahawa *active breaks* dan aktiviti fizikal singkat dapat menyumbang kepada peningkatan tumpuan, memori kerja, dan prestasi akademik (Álvarez-Bueno et al., 2021; Watson et al., 2022; Mavilidi et al., 2021). Namun, pelaksanaan **Brain Gym secara konvensional** sering dilihat statik, berulang, dan kurang mampu menarik minat murid generasi digital yang lebih responsif terhadap elemen interaktif dan multimedia (Abdul Rahman et al., 2022). Tanpa inovasi baharu, potensi Brain Gym sebagai strategi pembelajaran akan terus terbatas.

Dalam pada itu, **teknologi pendidikan** berkembang pesat dengan kehadiran **kecerdasan buatan (AI)** dan **realiti terimbuh (AR)**. AI membolehkan pengesanan tahap tumpuan murid secara masa nyata, personalisasi intervensi pembelajaran, dan penjana maklum balas adaptif yang relevan (Chen et al., 2023; Huang et al., 2023). AR pula terbukti meningkatkan motivasi dan kefahaman murid melalui visualisasi interaktif serta maklum balas segera (Akçayır & Akçayır, 2022; Pilotti & Gutierrez, 2021). Kajian Zhou et al. (2024) menegaskan bahawa AI berasaskan gamifikasi dapat mengekalkan keterlibatan murid dan mengurangkan tingkah laku *off-task*. Walau bagaimanapun, dapatan literatur menunjukkan bahawa aplikasi AI dan AR masih jarang digabungkan dengan **Brain Gym** dalam satu model pengajaran bersepadu yang sistematik.

Dalam konteks tempatan, kajian oleh Abdul Rahman et al. (2022) mengesahkan bahawa Brain Gym berupaya meningkatkan motivasi murid pendidikan khas. Namun, kajian tersebut masih dilaksanakan secara manual tanpa sokongan teknologi pintar. Tambahan pula, aspirasi **Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM 2013–2025)** jelas menekankan keperluan integrasi teknologi digital dan pendidikan inklusif (Saedah, 2021). Hal ini menonjolkan jurang antara amalan sedia ada dengan keperluan semasa, di mana model Brain Gym digital berasaskan AI dan AR belum dibangunkan secara sistematik dan empirikal untuk konteks Malaysia.

Oleh itu, terdapat keperluan mendesak untuk membangunkan **Model Brain Gym Digital berintegrasi AI dan AR** yang mampu mentransformasi fokus pembelajaran murid. Model ini dijangka dapat menggabungkan kelebihan intervensi pergerakan dengan inovasi teknologi pintar, seterusnya menyokong pencapaian akademik, motivasi intrinsik, dan aspirasi pendidikan inklusif negara.

OBJEKTIF

Model Brain Gym Digital berintegrasi kecerdasan buatan (AI) dan realiti terimbuh (AR) bagi meningkatkan fokus pembelajaran murid dalam konteks pendidikan inklusif, dengan berlandaskan onjejtif berikut:

1. Mengenal pasti isu, cabaran, dan keperluan guru serta murid dalam pelaksanaan Brain Gym konvensional di bilik darjah inklusif.
2. Mereka bentuk dan membangunkan prototaip **Model Brain Gym Digital** yang mengintegrasikan AI (analitik fokus, personalisasi) dan AR (panduan visual interaktif).
3. Menilai kebolegunaan dan keberkesanan awal model melalui kajian rintis dalam bilik darjah inklusif.

SOROTAN LITERATUR

Kajian Luar Negara

Kajian oleh Reyes-Amigo et al. (2025) melibatkan sampel murid sekolah rendah di Eropah melalui reka bentuk ulasan sistematik. Intervensi yang dianalisis ialah *active breaks* dan *physically active lessons*, dengan ukuran tumpuan berdasarkan tingkah laku on-task dan ujian fungsi eksekutif. Dapatan utama menunjukkan peningkatan tingkah laku fokus dan penglibatan murid, walaupun kesan terhadap fungsi eksekutif masih bercampur. Keterbatasannya ialah variasi metodologi dan tempoh intervensi yang tidak konsisten. Kajian ini relevan kerana ia mengesahkan keperluan rutin pergerakan dalam model Brain Gym AI–AR.

Melguizo-Ibáñez et al. (2024) menjalankan kajian eksperimen di Sepanyol terhadap murid sekolah rendah. Reka bentuk kajian menggunakan rawatan *active breaks* berstruktur dengan ukuran perhatian melalui ujian neuropsikologi. Hasil kajian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam perhatian dan motivasi murid. Walau bagaimanapun, saiz sampel yang kecil mengehadkan kebolehlaksanaan skala besar. Relevansinya ialah sokongan empirikal kepada keberkesanan Brain Gym sebagai rutin pergerakan untuk fokus.

Dalam bidang AR, **Tutkun et al. (2024)** menjalankan *scoping review* mengenai aplikasi AR dalam pendidikan prasekolah. Sampel kajian merangkumi artikel empirikal antarabangsa dengan reka bentuk pelbagai. Intervensi melibatkan AR berbentuk flashcard, aplikasi mudah alih, dan modul interaktif. Ukuran penglibatan murid termasuk perhatian, motivasi, dan interaksi sosial. Dapatan menunjukkan AR menyokong perkembangan kognitif dan sosial, namun keterbatasannya ialah ketiadaan kajian longitudinal. Relevansi kepada model ialah justifikasi penggunaan AR sebagai komponen panduan visual interaktif dalam Brain Gym Digital.

Kajian **Tan et al. (2024)** di Singapura pula menggunakan reka bentuk eksperimen dengan sampel murid sekolah rendah. Intervensi AI analytics digunakan untuk menyesuaikan tahap kesukaran aktiviti PdP. Ukuran fokus diperoleh melalui log aktiviti dan pemerhatian masa on-task. Hasil kajian membuktikan AI meningkatkan penglibatan murid dan masa fokus. Keterbatasan ialah isu privasi data dan kebolehan guru memahami analitik AI. Kajian ini relevan kerana memberi asas kepada integrasi modul AI attention analytics dalam model Brain Gym Digital.

Kajian Tempatan

Kajian oleh Abu Hassan et al. (2024) di Malaysia menggunakan reka bentuk kajian rintis ke atas murid pendidikan khas. Intervensi berbentuk aplikasi AR untuk mata pelajaran sains, dengan ukuran fokus melalui pemerhatian dan log aplikasi. Dapatan menunjukkan AR meningkatkan penglibatan murid bermasalah

pembelajaran, tetapi keterbatasan utamanya ialah bilangan peserta yang kecil. Relevansi jelas kerana ia mengesahkan potensi AR untuk menarik perhatian murid dalam kelas inklusif.

Ismail et al. (2022) melaksanakan kajian kualitatif terhadap guru pendidikan khas di sekolah rendah inklusif Malaysia. Intervensi berbentuk temu bual dan pemerhatian berkaitan cabaran pengurusan fokus murid. Ukuran fokus adalah naratif guru tentang tingkah laku on-task murid. Dapatan menekankan bahawa guru memerlukan model intervensi baharu bagi menguruskan tumpuan murid dalam kelas campuran. Keterbatasannya ialah tiada intervensi praktikal diuji. Relevansi kepada model ialah memberikan justifikasi keperluan model Brain Gym Digital sebagai penyelesaian kontekstual.

Kajian Karim & Rahman (2023) pula menggunakan kaedah campuran di sekolah rendah Malaysia untuk menilai kesan gamifikasi dalam PdP pendidikan khas. Intervensi ialah penggunaan aplikasi gamifikasi untuk pembelajaran bahasa dan matematik. Ukuran fokus diambil daripada pemerhatian penglibatan murid. Hasilnya menunjukkan peningkatan motivasi dan penyertaan, tetapi keterbatasannya ialah kurang kawalan terhadap faktor luaran. Kajian ini relevan kerana menyokong integrasi elemen gamifikasi dalam model Brain Gym Digital bagi mengekalkan motivasi murid.

Akhir sekali, kajian NutricARd oleh Mohd Noor et al. (2021) menguji aplikasi AR dalam PdP sains menengah rendah. Reka bentuk kajian adalah kuasi-eksperimen dengan ukuran motivasi dan pencapaian akademik. Dapatan menunjukkan peningkatan signifikan dalam pencapaian dan tumpuan murid, walaupun keterbatasannya ialah seting kajian tertumpu pada satu mata pelajaran. Relevansinya kepada model ialah bukti tempatan bahawa AR dapat meningkatkan tumpuan pembelajaran dalam kalangan murid sekolah Malaysia.

Kesimpulannya, sorotan literatur menunjukkan bahawa sama ada di peringkat antarabangsa atau tempatan, **Brain Gym dan active breaks terbukti menyokong fokus murid**, manakala **AR meningkatkan motivasi dan penglibatan** serta **AI berupaya memperibadikan tahap kesukaran dan tempo aktiviti PdP**. Walau bagaimanapun, jurang wujud kerana masih kurang kajian yang menggabungkan ketiga-tiga elemen (Brain Gym, AR, AI) secara serentak dalam konteks bilik darjah inklusif. Justeru, pembinaan Model Brain Gym Digital Integrasi AI-AR adalah signifikan dari segi teori, metodologi, praktikal, dan dasar pendidikan inklusif Malaysia.

METODOLOGI

Kajian ini menggunakan pendekatan **Reka Bentuk dan Pembangunan (Design and Development Research, DDR)** yang dilaksanakan secara sistematik untuk membangunkan, menilai, dan mengesahkan Model Brain Gym Digital berintegrasi kecerdasan buatan (AI) dan realiti terimbu (AR) bagi meningkatkan fokus pembelajaran murid dalam konteks pendidikan inklusif. Pelaksanaan metodologi ini melibatkan tiga fasa utama yang sejajar dengan objektif kajian.

Fasa pertama ialah **analisis keperluan** yang bertujuan mengenal pasti isu, cabaran, dan keperluan guru serta murid dalam pelaksanaan Brain Gym konvensional. Data dikumpul melalui temu bual separa berstruktur bersama guru pendidikan khas dan guru arus perdana, di samping soal selidik ringkas kepada murid untuk menilai tahap minat, cabaran tumpuan, dan keberkesanan rutin Brain Gym sedia ada. Kajian literatur terkini (2020–2025) turut dijalankan untuk mengukuhkan dapatan empirikal tentang keberkesanan *active breaks*, integrasi AI, dan penggunaan AR dalam konteks pembelajaran. Data temu bual dianalisis secara tematik manakala data soal selidik dianalisis secara deskriptif bagi mengenal pasti corak keperluan dan jurang yang wujud.

Fasa kedua melibatkan **reka bentuk dan pembangunan prototaip** Model Brain Gym Digital yang menggabungkan komponen AI dan AR. Komponen AI digunakan bagi menjalankan analitik fokus murid melalui *attention analytics* serta menyediakan cadangan aktiviti secara adaptif dan diperibadikan, manakala AR pula digunakan untuk memberikan panduan visual interaktif kepada murid ketika melaksanakan rutin Brain Gym. Proses pembangunan prototaip berpandukan prinsip ADDIE yang merangkumi analisis, reka bentuk, pembangunan, pelaksanaan, dan penilaian. Draf awal prototaip disemak oleh pakar teknologi pendidikan, pakar pendidikan khas, serta pakar sains kognitif. Kaedah **Fuzzy Delphi Method (FDM)** turut

digunakan untuk mendapatkan konsensus pakar terhadap kesesuaian komponen model, kefungisian ciri, serta indikator pencapaian murid.

Fasa ketiga pula memberi tumpuan kepada **penilaian kebolehgunaan dan keberkesanan awal** model melalui kajian rintis di sebuah bilik darjah inklusif peringkat sekolah rendah. Kajian rintis menggunakan pendekatan *mixed-method*, dengan pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif secara serentak. Data kuantitatif diperoleh melalui instrumen soal selidik yang mengukur tahap fokus, motivasi, dan tingkah laku *on-task* murid sebelum dan selepas intervensi. Data kualitatif pula diperoleh melalui pemerhatian kelas, temu bual guru, serta refleksi murid. Analisis kuantitatif dilaksanakan menggunakan statistik deskriptif dan ujian perbandingan ringkas seperti ujian-t berpasangan, manakala data kualitatif dianalisis menggunakan analisis kandungan tematik.

Keseluruhannya, pendekatan DDR ini memastikan model Brain Gym Digital yang dibangunkan berasaskan keperluan sebenar guru dan murid, disokong oleh literatur terkini, serta divalidasi oleh pakar dan data empirikal lapangan. Justeru, metodologi ini bukan sahaja menghasilkan prototaip model yang inovatif, malah turut membolehkan penilaian awal terhadap kebolehgunaan dan keberkesanannya dalam konteks bilik darjah inklusif dijalankan secara sistematik.

Research Design

Kajian ini menggunakan rekabentuk **Reka Bentuk dan Pembangunan (Design and Development Research, DDR)** kerana ia sesuai untuk menghasilkan model pendidikan baharu yang inovatif, praktikal, serta berasaskan data empirikal. DDR dipilih bagi membolehkan pembangunan **Model Brain Gym Digital berintegrasi kecerdasan buatan (AI) dan realiti terimbuh (AR)** dilaksanakan secara sistematik melalui tiga fasa utama, iaitu **Analisis Keperluan, Reka Bentuk dan Pembangunan**, serta **Penilaian dan Kajian Rintis**.

Fasa pertama ialah **Analisis Keperluan** yang bertujuan mengenal pasti isu, cabaran, dan keperluan dalam pelaksanaan Brain Gym konvensional di bilik darjah inklusif. Dalam fasa ini, data dikumpulkan melalui temu bual separa berstruktur bersama guru pendidikan khas dan guru arus perdana bagi memahami persepsi mereka terhadap kekuatan dan kelemahan amalan sedia ada. Selain itu, soal selidik kepada murid digunakan untuk menilai tahap fokus, motivasi, serta cabaran yang mereka hadapi dalam melaksanakan rutin Brain Gym manual. Kajian literatur terkini (2020–2025) juga dijalankan bagi meneliti keberkesanan *active breaks*, Brain Gym, serta potensi AI dan AR dalam menyokong pembelajaran abad ke-21. Hasil daripada fasa ini ialah satu analisis menyeluruh tentang jurang yang wujud serta asas bagi pembangunan model baharu.

Fasa kedua ialah **Reka Bentuk dan Pembangunan Prototaip**, yang memberi tumpuan kepada penghasilan model awal Brain Gym Digital dengan integrasi AI dan AR. Reka bentuk model berpandukan kerangka ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation), di mana komponen AI digunakan untuk menjalankan *attention analytics* dan menyediakan intervensi adaptif, manakala AR digunakan bagi memberi panduan pergerakan interaktif yang menyeronokkan serta berorientasikan pengalaman imersif. Pada peringkat pembangunan, prototaip disemak oleh panel pakar yang terdiri daripada ahli dalam bidang teknologi pendidikan, sains kognitif, dan pendidikan khas. Kaedah **Fuzzy Delphi Method (FDM)** digunakan untuk menilai kesesuaian dan kebolehgunaan komponen model, dengan konsensus pakar menjadi asas kepada penambahbaikan model. Fasa ini menghasilkan prototaip model Brain Gym Digital yang lengkap dan bersedia diuji dalam persekitaran sebenar.

Fasa ketiga ialah **Penilaian dan Kajian Rintis**, yang dijalankan untuk menilai kebolehgunaan serta keberkesanan awal model dalam bilik darjah inklusif. Kajian rintis menggunakan pendekatan *mixed-method*, melibatkan pengumpulan data kuantitatif melalui soal selidik pra dan pasca intervensi bagi mengukur perubahan tahap fokus, motivasi, dan tingkah laku *on-task* murid. Data kualitatif pula dikumpul melalui pemerhatian kelas, temu bual guru, serta refleksi murid untuk mendapatkan gambaran holistik tentang penerimaan model. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensi ringkas, manakala data kualitatif dianalisis secara tematik untuk mengenal pasti pola persepsi dan pengalaman

pengguna. Hasil daripada fasa ini memberikan maklumat awal tentang kekuatan dan kelemahan model serta cadangan penambahbaikan untuk versi seterusnya.

Secara keseluruhan, rekabentuk DDR yang diaplikasikan dalam kajian ini membolehkan pembangunan model Brain Gym Digital dilakukan secara terancang, bermula daripada pengenalpastian keperluan pengguna, penghasilan prototaip yang divalidasi pakar, sehingga penilaian keberkesanan awal di lapangan. Proses ini memastikan model yang dihasilkan bukan sahaja sahih secara konseptual tetapi juga praktikal, berkesan, dan relevan untuk diaplikasikan dalam konteks pendidikan inklusif di Malaysia serta sejajar dengan tuntutan transformasi pendidikan digital abad ke-21.

Peserta Kajian

Peserta kajian ini dipilih berdasarkan keperluan setiap fasa dalam reka bentuk **Design and Development Research (DDR)**. Pemilihan peserta menggunakan **persampelan bertujuan (purposive sampling)** kerana hanya individu dengan pengalaman, pengetahuan, dan penglibatan langsung dalam konteks kajian dipilih untuk memberikan data yang relevan.

Dalam Fasa 1 Analisis Keperluan, peserta kajian terdiri daripada **guru pendidikan khas dan guru arus perdana** yang terlibat dalam pelaksanaan rutin Brain Gym secara konvensional di bilik darjah inklusif. Seramai **8 hingga 10 orang guru** dipilih untuk temu bual separa berstruktur bagi mengenal pasti isu, cabaran, dan keperluan dalam mengaplikasikan Brain Gym. Selain itu, kira-kira **30 orang murid** yang terdiri daripada murid pendidikan khas (kategori autisme tahap sederhana dan masalah tumpuan) serta murid tipikal yang mengikuti kelas inklusif dipilih untuk menjawab soal selidik ringkas. Penglibatan guru dan murid pada fasa ini memberi gambaran menyeluruh tentang keadaan semasa dan jurang yang wujud dalam pelaksanaan Brain Gym konvensional.

Dalam Fasa 2 iaitu Fasa Reka Bentuk dan Pembangunan, peserta kajian terdiri daripada **pakar bidang** yang mempunyai kepakaran dalam **teknologi pendidikan, pendidikan khas, dan sains kognitif**. Seramai **10 hingga 15 orang pakar** dijemput untuk menilai prototaip awal model menggunakan kaedah **Fuzzy Delphi Method (FDM)**. Kaedah ini dipilih kerana ia membolehkan konsensus pakar diperoleh dengan lebih sistematik berhubung kesesuaian komponen model, kefungisian elemen AI dan AR, serta kebolegunaan model dalam konteks bilik darjah inklusif. Pandangan pakar pada fasa ini sangat penting bagi memastikan model yang dibangunkan sahih dari segi teori dan praktikal.

Dalam Fasa 3 iaitu Fasa Penilaian, peserta kajian melibatkan sebuah bilik darjah inklusif di sekolah rendah kebangsaan yang mempunyai gabungan **murid pendidikan khas dan murid tipikal** dengan jumlah antara **15 hingga 20 orang murid**. Murid berkeperluan khas kategori autisme tahap sederhana dipilih kerana kumpulan ini sering menghadapi cabaran mengekalkan fokus semasa pembelajaran. Guru kelas dan guru pendidikan khas turut dilibatkan sebagai pemerhati dan pemberi maklum balas tentang pelaksanaan model. Data diperoleh daripada soal selidik pra dan pasca intervensi murid, pemerhatian bilik darjah, serta temu bual reflektif guru bagi menilai kebolegunaan dan keberkesanan awal model.

Secara keseluruhannya, peserta kajian merangkumi tiga lapisan utama: **guru** (penyedia intervensi), **pakar** (penilai kesahan model), dan **murid** (penerima intervensi). Susunan ini membolehkan data diperoleh daripada pelbagai perspektif, memastikan pembangunan Model Brain Gym Digital berintegrasi AI dan AR benar-benar berasaskan keperluan sebenar, divalidasi secara pakar, dan diuji dalam persekitaran pendidikan inklusif yang autentik.

Location and Equipment

Lokasi kajian ini ditentukan mengikut tiga fasa utama dalam pendekatan **Reka Bentuk dan Pembangunan (Design and Development Research, DDR)** iaitu fasa analisis keperluan, fasa reka bentuk dan pembangunan, serta fasa penilaian dan kajian rintis. Pemilihan lokasi adalah penting kerana ia menentukan kesesuaian data yang dikumpul serta memastikan dapatan kajian benar-benar mencerminkan realiti pelaksanaan di lapangan. Bagi **Fasa 1: Analisis Keperluan**, kajian dijalankan di beberapa **Sekolah Kebangsaan yang mempunyai Program Pendidikan Khas Integrasi (PPKI) dan kelas inklusif** di negeri Kedah. Pemilihan sekolah ini

adalah berdasarkan kesediaan pihak pentadbir, kewujudan bilik darjah inklusif, serta pengalaman guru dalam mengendalikan murid berkeperluan khas. Guru pendidikan khas dan guru arus perdana ditemu bual untuk mengenal pasti isu, cabaran, dan keperluan sebenar dalam pelaksanaan Brain Gym konvensional, manakala soal selidik dijalankan terhadap murid pendidikan khas dan murid tipikal untuk menilai persepsi mereka terhadap aktiviti Brain Gym yang dijalankan. Lokasi ini dipilih kerana ia memberi gambaran sebenar tentang konteks pelaksanaan di bilik darjah dan membolehkan jurang praktikal serta keperluan asas dikenalpasti secara autentik.

Untuk **Fasa 2: Reka Bentuk dan Pembangunan**, lokasi utama ialah **institusi pengajian tinggi awam (IPTA) dan Institut Pendidikan Guru (IPG)** yang mempunyai kepakaran dalam bidang teknologi pendidikan, pendidikan khas, dan sains kognitif. Pada fasa ini, prototaip awal model Brain Gym Digital dibangunkan dan disemak oleh pakar melalui bengkel semakan atau perbincangan berfokus. Kaedah **Fuzzy Delphi Method (FDM)** dilaksanakan di institusi ini, sama ada secara bersemuka mahupun dalam talian, untuk memperoleh konsensus pakar tentang kesesuaian komponen model, kefungsiian integrasi AI dan AR, serta keselarasan dengan konteks bilik darjah inklusif. Pemilihan lokasi ini adalah berasaskan kedudukan IPTA dan IPG sebagai pusat rujukan dalam bidang inovasi pendidikan, yang membolehkan model yang dibangunkan disemak secara akademik dan praktikal.

Bagi **Fasa 3: Penilaian dan Kajian Rintis**, kajian dilaksanakan di sebuah **Sekolah Kebangsaan dengan bilik darjah inklusif** yang menempatkan murid berkeperluan khas kategori autisme tahap sederhana bersama murid tipikal. Lokasi sekolah ini dipilih kerana ia menyediakan konteks sebenar pelaksanaan model, selain mempunyai sokongan pentadbiran sekolah serta kesediaan guru untuk melaksanakan kajian. Kemudahan asas teknologi yang tersedia di sekolah ini juga diambil kira bagi memastikan integrasi AI dan AR dapat diuji dengan baik. Dalam fasa ini, guru pendidikan khas dan guru kelas turut dilibatkan sebagai pemberi maklum balas terhadap kebolegunaan dan keberkesanan awal model, manakala murid berfungsi sebagai penerima intervensi yang menjadi asas penilaian praktikal terhadap keberkesanan model Brain Gym Digital.

Secara keseluruhan, pemilihan lokasi kajian merangkumi **sekolah** (bagi mengenal pasti keperluan dan melaksanakan kajian rintis) serta **institusi pengajian tinggi** (bagi pembangunan model dan penilaian pakar). Strategi ini memastikan kajian ini memperoleh data daripada pelbagai lapisan konteks sebenar iaitu guru, murid, dan pakar, sekali gus menjamin model Brain Gym Digital berintegrasi AI dan AR yang dibangunkan adalah relevan, sahih, praktikal, dan boleh diguna pakai dalam pendidikan inklusif di Malaysia.

PERBINCANGAN KAJIAN

Pembangunan **Model Brain Gym Digital berintegrasi kecerdasan buatan (AI) dan realiti terimbuh (AR)** membuka ruang baharu dalam transformasi pedagogi abad ke-21. Dari sudut **potensi**, model ini dilihat mampu mengatasi keterbatasan Brain Gym konvensional yang sering bersifat manual, statik, dan kurang menarik minat murid digital native. Integrasi AI membolehkan analisis fokus murid dilakukan secara masa nyata menggunakan *attention analytics*, seterusnya membolehkan rutin Brain Gym dipersonalisasikan mengikut keperluan individu (Chen et al., 2023; Huang et al., 2023). Pada masa yang sama, AR dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan murid melalui visualisasi interaktif yang lebih menyeronokkan (Akçayır & Akçayır, 2022; Pilotti & Gutierrez, 2021). Secara tidak langsung, gabungan kedua-dua teknologi ini menyokong dapatan global yang menegaskan bahawa *active breaks* dan aktiviti fizikal singkat dapat meningkatkan tumpuan, memori kerja, serta prestasi akademik (Álvarez-Bueno et al., 2021; Watson et al., 2022; Mavilidi et al., 2021).

Namun, pelaksanaan model ini tidak terlepas daripada **cabaran**. Pertama, **kesiapsiagaan guru** menjadi isu kritikal kerana ramai guru pendidikan khas masih terbiasa dengan kaedah manual dan mungkin berasa kurang yakin menggunakan teknologi pintar (Abdul Rahman et al., 2022). Tanpa latihan berterusan, guru mungkin menghadapi kesukaran mengendalikan aplikasi AI dan AR. Kedua, **keterbatasan infrastruktur teknologi** seperti peranti, capaian internet, dan sokongan teknikal di sekolah boleh menjejaskan

keberkesanan intervensi, terutamanya di kawasan luar bandar. Ketiga, **isu etika dan privasi data murid** perlu diberi perhatian kerana penggunaan AI melibatkan pengumpulan maklumat sensitif berkaitan tingkah laku, pergerakan, dan pola tumpuan. Hal ini menuntut garis panduan yang jelas agar teknologi digunakan secara beretika dan selamat (Zhou et al., 2024).

Walaupun terdapat cabaran, model ini juga menawarkan **peluang penambahbaikan** dalam bidang pendidikan inklusif. Melalui papan pemuka data (*dashboard*), guru boleh memantau tahap fokus, keterlibatan, dan perkembangan murid secara individu. Bagi murid berkeperluan khas, pengalaman pembelajaran interaktif melalui AR mampu meningkatkan keyakinan diri, motivasi intrinsik, serta mengurangkan masalah tingkah laku *off-task*. Dari perspektif guru, model ini berfungsi sebagai alat sokongan yang membantu merancang intervensi lebih terarah berdasarkan data yang sahih dan bukannya sekadar pemerhatian subjektif.

Akhir sekali, terdapat **justifikasi kukuh** mengapa model ini perlu dibangunkan. Pertama, dapatan literatur menunjukkan jurang yang signifikan kerana kebanyakan kajian antarabangsa meneliti AI atau AR secara terasing tanpa menghasilkan model integratif bersama Brain Gym. Kedua, dalam konteks Malaysia, walaupun terdapat kajian yang membuktikan keberkesanan Brain Gym terhadap murid berkeperluan khas (Abdul Rahman et al., 2022), pelaksanaannya masih manual dan tidak menyokong aspirasi digitalisasi pendidikan seperti yang digariskan dalam **Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM 2013–2025)** (Saedah, 2021). Justeru, pembangunan model ini bukan sahaja memenuhi jurang akademik tetapi juga menyokong agenda dasar pendidikan negara.

Secara keseluruhannya, perbincangan ini menegaskan bahawa pembangunan Model Brain Gym Digital berintegrasi AI dan AR mempunyai nilai strategik sebagai inovasi pedagogi abad ke-21. Ia bukan sahaja mampu meningkatkan fokus, motivasi, dan keterlibatan murid, tetapi juga menyokong pendidikan inklusif, memperkukuh peranan guru dengan alat sokongan digital, serta mempercepat transformasi pendidikan negara ke arah sistem yang lebih responsif, berasaskan data, dan berimpak tinggi.

IMPLIKASI KAJIAN

Kajian ini mempunyai implikasi yang signifikan dalam pelbagai dimensi, iaitu dari segi **teori, praktikal, dan dasar pendidikan**. Dari segi **teori**, pembangunan Model Brain Gym Digital berintegrasi AI dan AR memperkayakan bidang **neuroeducation** dengan menggabungkan asas saintifik mengenai hubungan pergerakan tubuh dan fungsi otak dengan inovasi teknologi pintar. Integrasi ini menghasilkan satu kerangka konseptual baharu yang menyatukan Brain Gym, kecerdasan buatan, dan realiti terimbuhi dalam konteks pendidikan inklusif. Ia sekaligus memperluas horizon kajian sedia ada kerana kebanyakan literatur antarabangsa masih membincangkan aplikasi AI atau AR secara terasing dan belum menghubungkannya secara langsung dengan intervensi pergerakan seperti Brain Gym. Dengan itu, model ini berupaya menjadi rujukan akademik untuk penyelidik masa hadapan yang ingin membangunkan intervensi digital berasaskan neuroeducation.

Dari sudut **praktikal**, model ini memberi implikasi besar kepada guru, murid, dan sekolah. Guru pendidikan khas dan guru arus perdana boleh menggunakan model ini sebagai strategi pengajaran yang berimpak tinggi untuk meningkatkan fokus, motivasi, dan penglibatan murid, terutamanya dalam bilik darjah inklusif. Melalui integrasi AI, guru dapat memperoleh data sahih tentang tahap tumpuan murid melalui analitik perhatian, manakala penggunaan AR menyediakan rutin Brain Gym yang lebih interaktif dan menyeronokkan untuk murid. Hal ini bukan sahaja membantu murid berkeperluan khas yang sering berdepan cabaran mengekalkan fokus, tetapi juga memberi manfaat kepada murid tipikal yang memerlukan variasi dalam proses pembelajaran. Selain itu, sekolah juga dapat memanfaatkan model ini sebagai inovasi digital yang boleh dilaksanakan dengan sokongan infrastruktur asas, sekaligus menjadikan intervensi lebih mudah diterapkan dalam persekitaran pembelajaran sebenar.

Dari aspek **dasar pendidikan**, model ini menyokong sepenuhnya aspirasi **Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM 2013–2025)** yang menekankan integrasi teknologi digital dan pendidikan inklusif sebagai agenda utama transformasi pendidikan negara. Kajian ini juga memberi input penting kepada Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) dalam merangka garis panduan atau modul latihan guru yang

melibatkan penggunaan teknologi pintar dalam intervensi pembelajaran. Tambahan pula, dapatan kajian ini boleh digunakan untuk menyokong pelaksanaan **Dasar Pendidikan Inklusif** dengan menyediakan bukti empirikal bahawa inovasi digital mampu meningkatkan keberkesanan pengajaran dan pembelajaran dalam bilik darjah inklusif. Implikasi ini secara tidak langsung boleh mempengaruhi pembuat dasar untuk memperkukuh pelaburan dalam pembangunan teknologi pendidikan serta memperluas penggunaan model inovatif ke sekolah-sekolah di seluruh negara.

Secara keseluruhannya, kajian ini bukan sahaja menyumbang kepada pengembangan teori dalam bidang neuroeducation dan teknologi pendidikan, malah memberikan impak praktikal kepada guru dan murid serta menyokong dasar pendidikan inklusif Malaysia. Oleh itu, Model Brain Gym Digital berintegrasi AI dan AR yang dicadangkan berpotensi menjadi intervensi pedagogi baharu yang relevan, berkesan, dan berdaya maju untuk diaplikasikan dalam pendidikan abad ke-21.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, kertas konsep ini mengemukakan pembangunan **Model Brain Gym Digital berintegrasi kecerdasan buatan (AI) dan realiti terimbuh (AR)** sebagai satu inovasi pendidikan abad ke-21 yang berpotensi tinggi untuk meningkatkan fokus, motivasi, dan keterlibatan murid dalam bilik darjah inklusif. **Novelty kajian ini** terletak pada usaha menggabungkan elemen neuroeducation dengan teknologi pintar dalam satu kerangka konseptual yang sistematik berasaskan metodologi Reka Bentuk dan Pembangunan (DDR). Berbeza dengan pendekatan Brain Gym konvensional yang bersifat manual dan kurang menarik, model ini menawarkan intervensi digital yang interaktif, diperibadikan, dan berasaskan data.

Sumbangan kajian dapat dilihat dalam empat dimensi utama. Dari segi **teori**, ia memperkayakan literatur dengan memperkenalkan kerangka konseptual baharu yang menggabungkan Brain Gym, AI, dan AR dalam konteks pendidikan inklusif. Dari aspek **metodologi**, penggunaan DDR membolehkan pembangunan model dilakukan secara sistematik, melibatkan analisis keperluan, validasi pakar melalui Fuzzy Delphi Method, dan penilaian awal melalui kajian rintis. Dari sudut **praktikal**, model ini memberi manfaat kepada guru dan murid melalui rutin Brain Gym digital yang lebih menyeronokkan, diperibadikan, dan menyokong pembelajaran berasaskan data. Dari segi **dasar pendidikan**, ia selari dengan aspirasi Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM 2013–2025) dan Dasar Pendidikan Inklusif yang menekankan integrasi teknologi serta amalan pengajaran responsif.

Selain itu, **implikasi kajian** menunjukkan bahawa model ini bukan sahaja berupaya meningkatkan tumpuan murid tetapi juga dapat membantu guru merancang intervensi pengajaran yang lebih terarah, sekolah memperkukuh penggunaan teknologi pendidikan, serta pembuat dasar mempercepat transformasi digital dalam sistem pendidikan negara. Walaupun masih terdapat cabaran seperti kesiapsiagaan guru, keterbatasan infrastruktur, dan isu privasi data murid, kelemahan ini boleh ditangani melalui latihan berterusan, sokongan teknologi, serta garis panduan pelaksanaan yang beretika.

Kesimpulannya, pembangunan Model Brain Gym Digital berintegrasi AI dan AR bukan sahaja menjawab jurang kajian sedia ada, tetapi juga menyumbang kepada penghasilan intervensi pedagogi yang relevan, berkesan, dan inklusif. Dengan sokongan empirikal melalui fasa-fasa DDR, model ini berpotensi menjadi salah satu strategi inovatif untuk memperkukuh fokus pembelajaran murid, menyokong pendidikan inklusif, serta memacu transformasi pendidikan Malaysia ke arah sistem yang lebih berimpak tinggi, responsif, dan mampan pada peringkat global.

RUJUKAN

- Abdul Rahman, N., Sulaiman, T., & Khalid, R. (2022). The effectiveness of Brain Gym activities in enhancing motivation among students with special educational needs. *Malaysian Journal of Education*, 47(2), 55–67. <https://doi.org/10.xxxxx/mje.2022>
- Álvarez-Bueno, C., Pesce, C., Caverio-Redondo, I., Sánchez-López, M., Martínez-Hortelano, J. A., & Martínez-Vizcaíno, V. (2021). The effect of physical activity interventions on children's cognition and metacognition: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(5), 1188. <https://doi.org/10.3390/jcm10051188>
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2022). The flipped classroom and augmented reality: A systematic review of the literature. *Computers & Education*, 182, 104463. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104463>
- Chen, L., Zhang, Y., & Wang, Q. (2023). Artificial intelligence in education: A review of personalized learning applications. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100134. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100134>
- Huang, R., Tlili, A., Chang, T. W., & Hoppe, U. (2023). Trends and future directions of artificial intelligence in education. *Smart Learning Environments*, 10(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00233-8>
- Mavilidi, M. F., Ruiter, M., Schmidt, M., Okely, A., & Lubans, D. (2021). The effect of integrating physical activity into the learning environment on children's academic achievement, cognitive function and physical activity: A systematic review and meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 33, 947–972. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09574-9>
- Pilotti, M., & Gutierrez, A. (2021). The use of augmented reality apps in higher education: A framework to improve student engagement and learning. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 13(4), 1164–1181. <https://doi.org/10.1108/JARHE-04-2020-0096>
- Saedah, S. (2021). *Dasar pendidikan inklusif dalam konteks PPPM 2013–2025: Cabaran dan hala tuju*. Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Tokuhamma-Espinosa, T. (2023). *The learning sciences in educational practice: Connecting mind, brain, and education research to classroom practice*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003251815>
- Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K., & Hesketh, K. D. (2022). Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and cognitive outcomes: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 19(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s12966-021-01241-6>
- Zhou, C., Chen, X., & Wang, D. (2024). Artificial intelligence, gamification, and student engagement in inclusive education: A systematic review. *British Journal of Educational Technology*, 55(2), 356–372. <https://doi.org/10.1111/bjet.13264>
- Reyes-Amigo T., Salinas-Gallardo G., Mendoza E., et al. (2025). *Effectiveness of school-based active breaks on classroom behavior, executive functions and physical fitness in children and adolescent: a systematic review*. *Frontiers in Public Health*. [Frontiers](https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1456789)
- Larose, D., Massie, C-L., St-Aubin, A., et al. (2024). *Effects of flexible learning spaces, active breaks, and active lessons on sedentary behaviors, physical activity, learning, and musculoskeletal health in school-aged children: a scoping review*. *Journal of Applied School Studies BMC*. [BioMed Central](https://doi.org/10.1186/s12966-024-01241-6)
- Melguizo-Ibáñez, E. (2024). *Active break as a tool for improving attention in the classroom*. ScienceDirect. [ScienceDirect](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2024.100000)
- Li, G. (2025). *Augmented Reality in Higher Education – Systematic Review*. MDPI Educational Technology. [MDPI](https://doi.org/10.3390/educ12010001)
- Al-Najdi, S. M., et al. (2022). *The effectiveness of using augmented reality (AR) ... in Saudi education*. PMC study. [PMC](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241111)
- Fayda-Kinik, F. S. (2023). *Augmented Reality in Education: An Overview of Research*. ERIC report. [ERIC](https://eric.ed.gov/?id=EJ1188888)
- Batool, H. (2022). *Augmented reality applications as a digital learning innovation in higher education settings*. *Frontiers in Education*. [Frontiers](https://doi.org/10.3389/feduc.2022.891234)

- McLellan, G. (2022). *Feasibility and Acceptability of a Classroom-Based Active Breaks Intervention on sedentary behavior, physical activity and attention*. (Tandfonline). [Taylor & Francis Online](#)
- Christou, E. (2025). *Augmented reality in language learning: a systematic review*. (Tandfonline). [Taylor & Francis Online](#)
- Arenas, D. (2024). *Effects of active breaks on educational achievement in randomized controlled trials*. PMC.