

GEMA-ADHD: Potensi Gemini Dalam Reka Bentuk Bahan Didik Hibur untuk Murid ADHD

Siti Ainulmursyida Shamsudin ^{1*} dan Mohd Jasmy Abd Rahman ²

^{1,2} Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia

ABSTRAK

Kertas konsep ini membentangkan Kerangka GEMA-ADHD (Gemini-Edutainment-Multimodal- Adaptif untuk ADHD), iaitu suatu kerangka konseptual yang menghuraikan potensi model kecerdasan buatan generatif Gemini oleh Google DeepMind dalam membantu guru pendidikan khas mereka bentuk bahan didik hiburan yang bersesuaian untuk murid berkeperluan pendidikan khas (MBPK) dengan *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)*. MBPK dalam kategori ini menghadapi pelbagai cabaran kognitif, emosi dan tingkah laku yang menyukarkan penglibatan aktif mereka dalam pembelajaran berbentuk konvensional. Kerangka ini mengintegrasikan empat komponen utama, iaitu Universal Design for Learning sebagai asas kebolehcapaian dan fleksibiliti, Teori Beban Kognitif sebagai panduan pengurusan rangsangan dan pemprosesan maklumat, Teori Penentuan Kendiri sebagai asas motivasi, serta keupayaan multimodal Gemini sebagai alat sokongan penajaan kandungan. Secara khusus, kertas ini menghuraikan beberapa aplikasi praktikal Gemini iaitu dalam pembinaan Rancangan Pengajaran Harian Pembelajaran Terbeza (RPH-PT), pembangunan Rancangan Pendidikan Individu berteraskan intervensi didik hiburan, penajaan cerita sosial menggunakan *Gems Storybook*, reka bentuk visual dan aplikasi permainan pembelajaran melalui fungsi Canvas di Gemini, penghasilan pelbagai Bahan Bantu Mengajar (BBM) melalui integrasi NotebookLM serta pembangunan bahan pentaksiran seperti kuiz dan tugasan berasaskan didik hiburan. Implikasi praktikal dan agenda penyelidikan lanjut turut dibincangkan.

SEJARAH ARTIKEL

Peroleh 18 Jun 2026

Semakan 20 Julai 2026

Terima 22 Julai 2026

Online First 22 Julai 2026

KATA KUNCI

Gemini; ADHD; Didik Hibur; Kecerdasan Buatan Generatif; Murid Berkeperluan Pendidikan Khas

GEMA-ADHD: The Potential of Gemini in Designing Edutainment Materials for Students with ADHD

ABSTRACT

This concept paper presents the GEMA-ADHD Framework (Gemini–Edutainment–Multimodal–Adaptive for ADHD), a conceptual framework that explains the potential of Google DeepMind’s Gemini generative artificial intelligence model to support special education teachers in designing appropriate edutainment materials for students with special educational needs (SEN) who have Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). Students in this category experience various cognitive, emotional, and behavioural challenges that may hinder their active engagement in conventional learning environments. The framework integrates four main components: Universal Design for Learning as the foundation for accessibility and flexibility; Cognitive Load Theory as a guide for managing stimuli and information processing; Self-Determination Theory as the basis for motivation; and Gemini’s multimodal capabilities as a content-generation support tool. Specifically, this paper describes several practical applications of Gemini, including the development of Differentiated Learning Daily Lesson Plans, the preparation of Individualised Education Plans incorporating edutainment-based interventions, the generation of social stories using Gems Storybook, the design of visual materials and educational game applications through Gemini Canvas, the production of various teaching and learning materials through NotebookLM integration, and the development of assessment materials such as quizzes and edutainment-based assignments. Practical implications and directions for future research are also discussed.

ARTICLE HISTORY

Received 18 June 2026
Revised 20 July 2026
Accepted 22 July 2026
Online First 22 July 2026

KEYWORDS

Gemini; ADHD;
Edutainment; Generative
Artificial Intelligence;
Students with Special
Educational Needs

1. Pengenalan

Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) merupakan antara gangguan perkembangan neuro yang lazim dalam kalangan kanak-kanak dan remaja, dengan prevalens global yang terus meningkat dan mendapat perhatian dalam penyelidikan semasa (Salari et al., 2023; Cortese et al., 2023). Dalam sistem pendidikan Malaysia, murid ADHD dikategorikan sebagai Murid Berkeperluan Pendidikan Khas (MBPK) dan boleh mengikuti Program Pendidikan Khas Integrasi (PPKI) atau pendidikan inklusif berdasarkan tahap kefungsiannya serta keperluan individu mereka. Walaupun murid ADHD mempunyai potensi untuk mencapai hasil pembelajaran yang baik, mereka sering berhadapan dengan cabaran dari aspek perhatian, kawalan impuls, regulasi emosi dan fungsi eksekutif yang boleh menjejaskan penglibatan mereka dalam proses pembelajaran.

Murid ADHD menunjukkan profil kognitif yang kompleks, termasuk kelemahan dalam memori kerja, kawalan penghambatan dan fleksibiliti kognitif yang mempengaruhi keupayaan mereka untuk mengekalkan perhatian terhadap tugas pembelajaran (Willcutt et al., 2021). Cabaran tersebut menyebabkan pendekatan pengajaran konvensional yang bergantung kepada penerangan yang panjang, bahan yang bersifat abstrak dan aktiviti yang kurang interaktif menjadi kurang sesuai untuk sebahagian murid ADHD. Oleh itu, bahan didik hibur yang menggabungkan elemen visual, audio, naratif, permainan dan maklum balas segera sering dicadangkan sebagai pendekatan yang lebih responsif terhadap keperluan pembelajaran mereka. Walau bagaimanapun, elemen-elemen

tersebut perlu direka secara terancang supaya dapat menyokong proses pembelajaran tanpa meningkatkan beban kognitif atau mengalih perhatian murid daripada objektif pembelajaran (Mayer, 2021; Wong et al., 2023; He et al., 2023).

Perkembangan pesat kecerdasan buatan generatif (*Generative Artificial Intelligence*, GenAI) telah membuka peluang baharu dalam pembangunan bahan pembelajaran yang lebih fleksibel, adaptif dan bersifat multimodal. Antara perkembangan terkini ialah Gemini yang dibangunkan oleh Google DeepMind sebagai model asas multimodal yang mampu memproses serta menjana teks, imej, audio, video dan kod secara bersepadu (Gemini Team, 2023; Google DeepMind, 2024). Melalui fungsi seperti Canvas, Gems dan NotebookLM, Gemini berpotensi membantu guru menghasilkan pelbagai bahan pembelajaran, termasuk rancangan pengajaran, cerita sosial, permainan interaktif, visual grafik dan bahan pentaksiran dengan lebih pantas serta mengikut keperluan pembelajaran murid. Dalam konteks pendidikan, Kasneci et al. (2023) menjelaskan bahawa model bahasa besar berpotensi menyokong personalisasi pembelajaran, penjanaan kandungan dan pengubahsuaian bahan pengajaran. Namun demikian, penggunaan GenAI dalam pendidikan khas masih memerlukan pertimbangan yang teliti terhadap aspek pedagogi, ketepatan kandungan, etika dan kesesuaian dengan profil pembelajaran murid.

Walaupun pelbagai kajian telah membincangkan penggunaan teknologi digital, kecerdasan buatan, gamifikasi dan pendekatan pembelajaran multimodal dalam pendidikan khas, penyelidikan terdahulu kebanyakannya meneliti komponen tersebut secara berasingan. Sebagai contoh, terdapat kajian yang memfokuskan penggunaan AI untuk menyokong penyediaan bahan pembelajaran, kajian berkaitan *Universal Design for Learning* (UDL) dalam pendidikan inklusif, serta kajian mengenai penggunaan cerita sosial, permainan pembelajaran atau bahan multimedia untuk murid berkeperluan pendidikan khas. Namun, masih terdapat kekurangan kerangka konseptual yang mengintegrasikan prinsip pedagogi, teori pembelajaran dan keupayaan GenAI secara sistematik bagi membimbing guru mereka bentuk bahan didik hibur khusus untuk murid ADHD. Di samping itu, kebanyakan kajian berkaitan GenAI dilaksanakan dalam konteks pendidikan umum atau pendidikan tinggi, manakala aplikasi khusus terhadap murid ADHD dan pendidikan khas masih terhad serta belum diuraikan melalui satu kerangka yang menyeluruh.

Selain itu, kerangka dan pendekatan sedia ada mempunyai fokus yang berbeza tetapi belum saling melengkapi. *Universal Design for Learning* (UDL) menekankan penyediaan pelbagai bentuk representasi, tindakan, ekspresi dan penglibatan bagi meningkatkan kebolehpasaran pembelajaran, namun tidak menguraikan secara khusus bagaimana rangsangan pembelajaran perlu diurus bagi murid ADHD yang mempunyai keterbatasan perhatian dan memori kerja. Sebaliknya, Teori Beban Kognitif memberi penekanan terhadap pengurusan maklumat bagi mengelakkan beban kognitif yang berlebihan, tetapi kurang menjelaskan aspek motivasi dan autonomi murid. Teori Penentuan Kendiri pula menguraikan faktor psikologi yang mempengaruhi motivasi intrinsik, namun tidak menyediakan panduan khusus untuk pembangunan bahan pembelajaran berasaskan teknologi multimodal. Pada masa yang sama, literatur berkaitan GenAI lebih banyak membincangkan keupayaan teknologi menghasilkan kandungan secara automatik tanpa mengintegrasikan pertimbangan pedagogi, motivasi dan pengurusan beban kognitif secara serentak dalam konteks pendidikan khas.

Berdasarkan jurang tersebut, kertas konsep ini mencadangkan Kerangka GEMA-ADHD (Gemini–Edutainment–Multimodal–Adaptif untuk ADHD) sebagai satu kerangka konseptual yang mengintegrasikan *Universal Design for Learning* (UDL), Teori Beban Kognitif (*Cognitive Load Theory*, CLT), Teori Penentuan Kendiri (*Self-Determination Theory*, SDT) dan keupayaan multimodal Gemini bagi membimbing guru mereka bentuk bahan didik hibur yang lebih responsif terhadap keperluan murid ADHD. Keunikan kerangka ini bukan terletak pada penggunaan Gemini semata-mata, tetapi pada usaha menghubungkan prinsip pedagogi, teori pembelajaran dan teknologi AI dalam satu proses reka bentuk yang sistematik, bermula daripada pembinaan arahan (*prompt*), penjanaan bahan, semakan profesional guru dan penggunaan maklum balas murid untuk penambahbaikan berterusan. Walau bagaimanapun, kerangka yang dicadangkan ini masih bersifat konseptual dan belum diuji secara empirikal. Oleh itu, hubungan yang dicadangkan antara penggunaan Gemini, reka bentuk bahan didik hibur dan penglibatan murid ADHD perlu ditafsirkan sebagai cadangan berasaskan teori yang memerlukan pengesahan melalui penyelidikan empirikal pada masa hadapan.

Sehubungan itu, kertas konsep ini bertujuan untuk membincangkan potensi Gemini sebagai alat kecerdasan buatan generatif dalam reka bentuk bahan didik hibur untuk murid ADHD. Secara khususnya, kertas ini bertujuan untuk: (i) mengemukakan Kerangka GEMA-ADHD yang mengintegrasikan prinsip pedagogi, teori pembelajaran dan keupayaan multimodal Gemini sebagai panduan konseptual bagi pembangunan bahan didik hibur untuk murid ADHD; (ii) menghuraikan aplikasi praktikal Gemini dalam penyediaan bahan pengajaran dan intervensi didik hibur untuk murid ADHD; (iii) membincangkan potensi serta cabaran penggunaan Gemini dalam konteks pendidikan khas; dan (iv) mencadangkan hala tuju penyelidikan masa hadapan bagi mengesahkan kesesuaian dan kebolegunaan kerangka ini melalui kajian empirikal.

2. Sorotan Literatur

2.1. Profil Kognitif dan Pembelajaran Murid ADHD

ADHD sering dilihat secara sempit sebagai isu tingkah laku, sedangkan literatur semasa menunjukkan bahawa ADHD turut melibatkan aspek neurokognitif, regulasi diri dan kawalan impuls. Kajian neuroimaging terkini mendedahkan bahawa ADHD melibatkan kelewatan kematangan litar saraf frontostriatal yang bertanggungjawab ke atas pengendalian impuls, regulasi emosi dan motivasi (Hoogman et al., 2022). Willcutt et al. (2021) menjelaskan bahawa defisit fungsi eksekutif, khususnya kelemahan dalam kawalan penghambatan, memori kerja dan fleksibiliti kognitif, merupakan antara ciri neuropsikologi yang sering dikaitkan dengan ADHD merentas usia. Dapatan ini menunjukkan bahawa cabaran pembelajaran murid ADHD bukan sekadar berpunca daripada kesukaran memberi perhatian, tetapi turut dipengaruhi oleh keterbatasan dalam memproses, mengurus dan mengekalkan maklumat semasa pembelajaran berlangsung.

Murid ADHD lazimnya memerlukan reka bentuk pembelajaran yang ringkas, berstruktur dan responsif terhadap keperluan tumpuan, regulasi diri serta memori kerja. Dalam konteks bilik darjah, cabaran seperti kesukaran mengekalkan perhatian, kawalan impuls dan pengurusan tingkah laku menyebabkan bahan pembelajaran konvensional yang terlalu panjang, abstrak atau kurang interaktif menjadi kurang sesuai. Oleh itu, bahan pembelajaran untuk murid ADHD perlu direka dengan arahan yang jelas, tugas berdurasi pendek, maklum balas segera dan rangsangan multimodal yang terkawal.

Dalam konteks ini, pendekatan didik hibur berpotensi menyokong penglibatan murid ADHD kerana pendekatan tersebut menggabungkan elemen visual, audio, naratif, permainan dan aktiviti interaktif dalam penyampaian kandungan pembelajaran. Namun begitu, unsur hiburan perlu disusun secara pedagogi agar tidak menambahkan beban kognitif atau mengalih tumpuan murid daripada objektif pembelajaran. Prinsip ini selaras dengan keperluan reka bentuk multimedia yang menekankan penyampaian maklumat secara terancang, ringkas dan bermakna bagi menyokong pemprosesan kognitif murid (Mayer, 2021). Kajian terkini turut menunjukkan bahawa intervensi berasaskan teknologi mempunyai potensi dalam menyokong tingkah laku dan fungsi kognitif tertentu bagi kanak-kanak ADHD, khususnya apabila intervensi tersebut direka secara berstruktur dan sesuai dengan profil murid (Wong et al., 2023; He et al., 2023).

Walau bagaimanapun, dapatan kajian terdahulu perlu ditafsirkan secara berhati-hati kerana kebanyakannya menilai keberkesanan teknologi digital atau intervensi multimedia secara umum dan bukannya penggunaan model kecerdasan buatan generatif seperti Gemini. Selain itu, kesan intervensi didapati bergantung kepada pelbagai faktor seperti tahap kefungsi murid, reka bentuk aktiviti, tempoh intervensi, kemahiran guru serta konteks pelaksanaan di bilik darjah. Hal ini menunjukkan bahawa teknologi semata-mata tidak menjamin peningkatan penglibatan atau pencapaian murid ADHD sekiranya tidak disokong oleh reka bentuk pedagogi yang sesuai.

Sehubungan itu, pembangunan bahan pembelajaran untuk murid ADHD memerlukan satu pendekatan yang bukan sahaja mengambil kira ciri neurokognitif murid, malah mengintegrasikan prinsip pedagogi, pengurusan beban kognitif dan motivasi pembelajaran dengan keupayaan teknologi semasa. Keperluan inilah yang menjadi asas kepada pembentukan Kerangka GEMA-ADHD, yang menggabungkan potensi Gemini dengan prinsip *Universal Design for*

Learning (UDL), Teori Beban Kognitif (CLT) dan Teori Penentuan Kendiri (SDT) bagi menyokong reka bentuk bahan didik hibur yang lebih responsif terhadap keperluan murid ADHD.

2.2. Didik Hibur sebagai Pendekatan Pedagogi Inklusif

Didik hibur merupakan pendekatan pedagogi yang menggabungkan unsur pendidikan dan hiburan secara terancang bagi menjadikan pembelajaran lebih menarik, aktif dan bermakna. Dalam konteks murid ADHD, pendekatan ini relevan kerana murid memerlukan aktiviti yang dapat menarik perhatian, mengekalkan motivasi dan menyediakan peluang untuk berinteraksi dengan bahan pembelajaran secara lebih aktif. Namun demikian, bahan didik hibur tidak boleh dibina hanya berdasarkan unsur keseronokan semata-mata. Reka bentuknya perlu berpandukan objektif pembelajaran, kejelasan arahan, kawalan beban kognitif dan kesesuaian tahap perkembangan murid.

Dari perspektif Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia, pembelajaran lebih berkesan apabila maklumat disampaikan melalui gabungan perkataan dan visual secara terancang berbanding penyampaian teks semata-mata. Prinsip seperti pemecahan kandungan kepada segmen kecil, penonjolan maklumat penting dan pengurangan elemen tidak relevan dapat membantu murid memproses maklumat dengan lebih baik (Mayer, 2021). Oleh itu, bahan didik hibur untuk murid ADHD perlu mengutamakan teks yang ringkas, visual yang jelas, audio yang terkawal, arahan langkah demi langkah dan aktiviti yang mempunyai matlamat pembelajaran yang nyata.

Pendekatan didik hibur juga selari dengan prinsip *Universal Design for Learning (UDL)* kerana UDL menekankan keperluan menyediakan pelbagai cara representasi, penglibatan serta tindakan dan ekspresi bagi memastikan murid yang mempunyai profil pembelajaran berbeza dapat mengakses pembelajaran secara bermakna. CAST menjelaskan bahawa garis panduan UDL digunakan untuk mengoptimumkan pengajaran dan pembelajaran untuk semua murid, termasuk melalui pengurangan halangan dalam persekitaran pembelajaran (CAST, 2024). Dalam konteks ini, bahan seperti cerita sosial, permainan pembelajaran, lagu, kuiz interaktif dan visual grafik dapat menjadi medium didik hibur yang menyokong kepelbagaian cara murid ADHD memahami, menunjukkan respons dan terlibat dalam pembelajaran. Oleh itu, bahan didik hibur untuk murid ADHD perlu direka secara seimbang antara elemen keseronokan, struktur tugas dan kawalan beban kognitif supaya murid tidak terbeban dengan rangsangan visual atau audio yang berlebihan (Skulmowski & Xu, 2022).

Walau bagaimanapun, kajian-kajian terdahulu menunjukkan bahawa keberkesanan pendekatan didik hibur bukan bergantung kepada jumlah elemen hiburan yang dimasukkan, tetapi kepada sejauh mana elemen tersebut menyokong objektif pembelajaran. Penggunaan permainan, animasi, muzik atau visual yang berlebihan boleh meningkatkan rangsangan luaran sehingga mengganggu perhatian murid ADHD, sekali gus meningkatkan beban kognitif ekstrinsik. Oleh itu, unsur hiburan perlu dianggap sebagai medium untuk memudahkan pembelajaran dan bukannya matlamat utama dalam reka bentuk bahan.

Di samping itu, kebanyakan kajian berkaitan didik hibur lebih banyak membincangkan keberkesanan permainan digital, gamifikasi atau multimedia secara berasingan. Kajian yang mengintegrasikan pendekatan didik hibur dengan kecerdasan buatan generatif, khususnya dalam konteks murid ADHD, masih sangat terhad. Kekurangan ini menunjukkan bahawa masih belum terdapat satu kerangka konseptual yang menghimpunkan prinsip didik hibur, pedagogi inklusif dan teknologi GenAI secara sistematik bagi membantu guru mereka bentuk bahan pembelajaran yang benar-benar responsif terhadap keperluan murid ADHD. Oleh itu, dalam kertas konsep ini, didik hibur tidak dilihat sekadar sebagai strategi meningkatkan keseronokan pembelajaran, tetapi sebagai pendekatan pedagogi yang perlu dipandu oleh prinsip UDL, Teori Beban Kognitif dan Teori Penentuan Kendiri. Integrasi ketiga-tiga teori tersebut bersama keupayaan multimodal Gemini dicadangkan sebagai asas kepada pembangunan bahan didik hibur yang lebih adaptif, bermakna dan sesuai dengan profil pembelajaran murid ADHD.

2.3. Kecerdasan Buatan Generatif dalam Pendidikan Khas

Perkembangan kecerdasan buatan dalam pendidikan telah membuka ruang kepada penggunaan teknologi yang lebih adaptif, fleksibel dan berpusatkan murid. Hwang et al. (2022) menjelaskan bahawa AI dalam pendidikan boleh

berperanan sebagai tutor pintar, alat sokongan pembelajaran, sistem maklum balas dan sokongan kepada pembuatan keputusan pendidikan. Dalam konteks pendidikan khas, potensi ini penting kerana guru sering perlu mengubah suai bahan, aktiviti dan penilaian berdasarkan keperluan individu murid. Perbincangan semasa menunjukkan bahawa AI berpotensi menyokong pendidikan inklusif melalui personalisasi, akses pembelajaran dan sokongan kepada murid berkeperluan pendidikan khas. Meskipun begitu, penggunaannya perlu mengambil kira isu etika, ketepatan kandungan dan kesaksamaan akses (Fitas, 2025; Kasneci et al., 2023; Holmes et al., 2022).

Kecerdasan buatan generatif seperti Gemini pula menawarkan keupayaan untuk menjana kandungan dalam pelbagai bentuk, termasuk teks, idea aktiviti, soalan, bahan visual, skrip, kuiz dan cadangan intervensi. Kasneci et al. (2023) menegaskan bahawa model bahasa besar mempunyai potensi dalam pendidikan, khususnya dari aspek penjana bahan pembelajaran, sokongan pembelajaran sendiri, maklum balas dan personalisasi. Dalam masa yang sama, kajian tersebut turut menekankan cabaran seperti ketepatan kandungan, bias, kebergantungan pengguna dan keperluan pengawasan manusia. Dalam konteks pendidikan khas, Gemini wajar digunakan sebagai alat sokongan guru, bukan sebagai pengganti kepakaran profesional. Guru boleh memanfaatkan Gemini untuk mendapatkan cadangan awal bahan didik hibur, mempelbagaikan aras tugas, membina cerita sosial, menyediakan kuiz ringkas atau menghasilkan idea visual yang sesuai dengan objektif pembelajaran. Namun, semua bahan yang dijana perlu disemak dari aspek ketepatan isi, kesesuaian bahasa, tahap perkembangan murid, nilai pedagogi dan keselamatan penggunaannya. Keperluan semakan ini penting kerana model bahasa besar boleh menghasilkan kandungan yang kelihatan meyakinkan tetapi belum tentu tepat atau sesuai untuk semua konteks. Risiko sebegini turut dibincangkan dalam literatur berkaitan model bahasa besar dan etika AI (Bender et al., 2021).

Walaupun potensi GenAI semakin mendapat perhatian dalam bidang pendidikan, sebahagian besar penyelidikan masih tertumpu kepada pendidikan tinggi dan pendidikan umum. Bukti empirikal yang memfokuskan penggunaan model kecerdasan buatan generatif dalam pendidikan khas, khususnya untuk murid ADHD, masih terhad. Justeru, dapatan daripada kajian-kajian tersebut tidak boleh digeneralisasikan secara langsung kepada konteks pendidikan khas kerana murid ADHD mempunyai keperluan kognitif, emosi dan tingkah laku yang berbeza daripada populasi pelajar arus perdana.

Selain itu, kebanyakan kajian lebih menumpukan kepada keupayaan teknologi menghasilkan kandungan dengan pantas, sedangkan aspek reka bentuk pedagogi, pengurusan beban kognitif dan motivasi murid kurang diberi perhatian. Kekurangan ini menunjukkan bahawa penggunaan GenAI dalam pendidikan khas memerlukan satu kerangka yang bukan sahaja menjelaskan fungsi teknologi, tetapi turut menghubungkannya dengan teori pembelajaran yang sesuai bagi memastikan bahan yang dihasilkan benar-benar menyokong proses pembelajaran murid ADHD. Oleh itu, kertas konsep ini mencadangkan bahawa potensi Gemini perlu dilihat daripada perspektif pedagogi dan bukannya teknologi semata-mata. Keberkesanan penggunaan GenAI dijangka bergantung kepada sejauh mana guru dapat mengintegrasikan prinsip pedagogi, memahami keperluan murid serta menggunakan teknologi tersebut secara beretika dan profesional dalam mereka bentuk bahan didik hibur.

2.4. Gemini: Keupayaan dan Relevansi Pedagogi

Gemini diperkenalkan sebagai keluarga model multimodal yang berkeupayaan memproses pelbagai bentuk input, manakala Gemini 1.5 memperluas keupayaan konteks panjang dan pemahaman multimodal yang relevan untuk pembangunan bahan pembelajaran yang kompleks (Gemini Team, 2023; Google DeepMind, 2024). Berbeza daripada model bahasa besar sebelumnya, Gemini direka bentuk untuk memproses maklumat merentas pelbagai modaliti seperti teks, imej, audio, video dan kod dalam satu model bersepadu. Keupayaan ini membolehkan pelbagai bentuk kandungan pembelajaran dijana secara serentak dan saling melengkapi tanpa memerlukan penggunaan beberapa aplikasi yang berasingan.

Selain model teras, ekosistem Gemini turut merangkumi fungsi Canvas bagi menyokong pembangunan kandungan interaktif dan aplikasi, Gems untuk membangunkan ejen AI tersuai seperti Gems Storybook, serta NotebookLM yang membantu guru menghasilkan pelbagai sumber pembelajaran daripada dokumen rujukan. Integrasi fungsi-fungsi ini membolehkan guru membangunkan bahan pembelajaran yang lebih konsisten merentas pelbagai format serta

mengurangkan keperluan untuk beralih antara pelbagai platform digital (Chan & Hu, 2023). Walaupun demikian, kelebihan teknologi multimodal tidak semestinya menjamin keberkesanan pembelajaran. Kajian Kasneci et al. (2023) menegaskan bahawa keberkesanan model bahasa besar dalam pendidikan bergantung kepada cara teknologi tersebut diintegrasikan dengan reka bentuk pedagogi yang sesuai serta pengawasan profesional oleh guru. Tanpa panduan pedagogi yang jelas, kandungan yang dijana berpotensi mengandungi maklumat yang kurang tepat, tidak sesuai dengan tahap perkembangan murid atau meningkatkan beban kognitif akibat penggunaan elemen multimedia secara berlebihan. Oleh itu, penggunaan Gemini dalam pendidikan khas tidak boleh dilihat sebagai penyelesaian teknologi semata-mata, sebaliknya perlu dipandu oleh prinsip pembelajaran yang kukuh seperti UDL, CLT dan SDT.

Dalam konteks murid ADHD, keupayaan multimodal Gemini berpotensi menyokong pembangunan bahan didik hiburan yang lebih responsif terhadap keperluan pembelajaran individu. Guru berupaya menghasilkan cerita sosial, visual pembelajaran, permainan pendidikan, kuiz interaktif dan aktiviti berasaskan senario yang boleh diubah suai mengikut tahap kefungsi murid. Potensi ini selari dengan dapatan Hwang et al. (2022) dan Agrawal et al. (2023) yang menunjukkan bahawa sistem AI adaptif mampu meningkatkan personalisasi pembelajaran dan penglibatan murid melalui penyesuaian kandungan secara dinamik. Walau bagaimanapun, keberkesanan penggunaan Gemini masih bergantung kepada kebolehan guru membina *prompt* yang berkualiti, membuat semakan terhadap kandungan yang dijana dan menyesuaikannya dengan objektif pembelajaran serta keperluan sebenar murid. Sorotan literatur turut menunjukkan bahawa penyelidikan berkaitan Gemini dalam pendidikan khas masih berada pada peringkat awal. Kebanyakan kajian semasa memberi tumpuan kepada potensi umum kecerdasan buatan generatif atau penggunaan model bahasa besar dalam pendidikan, manakala kajian yang meneliti aplikasi khusus Gemini bagi mereka bentuk bahan didik hiburan untuk murid ADHD masih sangat terhad (Kasneci et al., 2023; Gemini Team, 2023; Google DeepMind, 2024; Fitias, 2025). Kekurangan ini menunjukkan bahawa masih belum terdapat satu kerangka konseptual yang mengintegrasikan keupayaan multimodal Gemini dengan prinsip pedagogi inklusif, pengurusan beban kognitif dan sokongan motivasi secara sistematik dalam konteks pendidikan khas.

Sehubungan itu, kertas konsep ini mencadangkan Kerangka GEMA-ADHD sebagai satu panduan konseptual yang menghubungkan keupayaan teknologi Gemini dengan prinsip *Universal Design for Learning (UDL)*, *Cognitive Load Theory (CLT)* dan *Self-Determination Theory (SDT)*. Kerangka ini bukan bertujuan membuktikan bahawa Gemini lebih unggul berbanding platform GenAI yang lain, tetapi mencadangkan bagaimana ciri-ciri unik ekosistem Gemini dapat dimanfaatkan secara pedagogi untuk menyokong reka bentuk bahan didik hiburan yang lebih inklusif, adaptif dan bermakna bagi murid ADHD. Oleh yang demikian, cadangan ini masih memerlukan pengesahan melalui kajian empirikal pada masa hadapan.

3. Asas Teori dan Metodologi

Dalam kertas konsep ini, Kerangka GEMA-ADHD dibangunkan melalui integrasi tiga teori utama, iaitu *Universal Design for Learning (UDL)*, *Cognitive Load Theory (CLT)* dan *Self-Determination Theory (SDT)*. Ketiga-tiga teori ini dipilih kerana setiap satunya menjelaskan dimensi yang berbeza tetapi saling melengkapi dalam mereka bentuk bahan didik hiburan untuk murid ADHD.

3.1. *Universal Design for Learning (UDL)*

Universal Design for Learning (UDL) versi 3.0 yang diterbitkan oleh CAST pada tahun 2024 menekankan kepentingan autonomi pelajar, ekuiti dalam reka bentuk pembelajaran dan penggunaan teknologi sebagai penyokong fleksibiliti pembelajaran. UDL menggariskan tiga prinsip utama, iaitu pelbagai cara representasi, pelbagai cara tindakan dan ekspresi serta pelbagai cara penglibatan, yang bertujuan mengurangkan halangan pembelajaran dan meningkatkan akses kepada semua murid, termasuk murid berkeperluan pendidikan khas (CAST, 2024). Berbanding versi terdahulu, UDL 3.0 turut memberi penekanan yang lebih jelas terhadap penggunaan teknologi digital dan kecerdasan buatan sebagai alat yang menyokong penyediaan pengalaman pembelajaran yang lebih adaptif dan responsif. Kajian oleh Ok et al. (2023) menunjukkan bahawa pendekatan UDL berbantuan teknologi digital berpotensi meningkatkan

pencapaian akademik, penglibatan dan akses pembelajaran bagi murid berkeperluan pendidikan khas. Sehubungan itu, UDL tidak menetapkan secara khusus bagaimana teknologi seperti GenAI perlu digunakan dalam pembangunan bahan pembelajaran.

Oleh itu, keberkesanan pelaksanaan UDL masih bergantung kepada kebolehan guru memilih strategi, teknologi dan bahan yang sesuai dengan keperluan murid. Dalam konteks GEMA-ADHD, UDL berfungsi sebagai asas pedagogi yang menentukan bagaimana kandungan perlu direka bentuk agar boleh diakses melalui pelbagai bentuk representasi, memberi pilihan kepada murid dalam menunjukkan pembelajaran mereka serta meningkatkan penglibatan secara bermakna. Dengan kata lain, UDL menentukan apa yang perlu dicapai dalam reka bentuk pembelajaran, manakala Gemini berfungsi sebagai alat yang membantu guru merealisasikan prinsip-prinsip tersebut melalui penjana bahan secara lebih pantas dan fleksibel.

3.2. Teori Beban Kognitif

Cognitive Load Theory (CLT) menegaskan bahawa reka bentuk pembelajaran perlu mengambil kira keterbatasan kapasiti memori kerja semasa murid memproses maklumat baharu. Dalam konteks murid ADHD, cabaran yang berkaitan dengan perhatian, memori kerja dan kawalan impuls menjadikan pengurusan beban kognitif sebagai aspek yang amat penting dalam mereka bentuk bahan pembelajaran. Oleh itu, bahan didik hibur perlu disusun secara ringkas, bersegmen dan memberi fokus kepada maklumat yang benar-benar relevan supaya murid dapat memproses kandungan dengan lebih berkesan. Dalam pembelajaran digital, penggunaan multimedia yang tidak dirancang dengan baik boleh meningkatkan beban kognitif ekstrinsik, khususnya apabila murid perlu memproses terlalu banyak teks, visual, audio atau animasi secara serentak. Skulmowski dan Xu (2022) menegaskan bahawa manfaat interaktiviti hanya dapat dicapai sekiranya reka bentuk multimedia diseimbangkan dengan prinsip pengurusan beban kognitif. Oleh itu, penggunaan Gemini dalam pembangunan bahan didik hibur perlu dipandu oleh prinsip seperti pemecahan kandungan kepada unit kecil, penonjolan maklumat penting, pengurangan elemen yang tidak berkaitan dan semakan guru terhadap bahan yang dijana.

Walaupun Gemini mampu menghasilkan kandungan multimedia dengan cepat, CLT mengingatkan bahawa lebih banyak elemen multimedia tidak semestinya menghasilkan pembelajaran yang lebih baik. Justeru, CLT melengkapkan UDL dengan menyediakan panduan tentang bagaimana kandungan yang pelbagai tersebut perlu disusun supaya tidak membebankan murid ADHD. Integrasi kedua-dua teori ini memastikan fleksibiliti pembelajaran yang dicadangkan oleh UDL tidak mengorbankan kejelasan dan keberkesanan pemprosesan maklumat.

3.3. Teori Keterlibatan dan Motivasi Intrinsik

Menurut Teori Penentuan Kendiri (*Self-Determination Theory, SDT*), motivasi intrinsik berkait dengan pemenuhan tiga keperluan psikologi asas, iaitu autonomi, kompetensi dan keterhubungan (Vansteenkiste et al., 2022). Dalam konteks murid ADHD yang sering berhadapan dengan cabaran motivasi, reka bentuk pembelajaran yang memberi pilihan aktiviti, maklum balas positif dan peluang penglibatan bermakna berpotensi menyokong motivasi serta keterlibatan murid. Bahan didik hibur yang dijana oleh Gemini dengan pilihan aktiviti, maklum balas positif segera dan konteks naratif bermakna secara langsung memenuhi keperluan SDT ini. Dalam konteks pembelajaran digital, kepuasan terhadap keperluan autonomi, kompetensi dan keterhubungan didapati berkait dengan penglibatan murid, termasuk penglibatan tingkah laku, emosi dan kognitif (Chiu, 2022; Vansteenkiste et al., 2022). Walau bagaimanapun, pemenuhan ketiga-tiga keperluan psikologi tersebut tidak berlaku secara automatik hanya melalui penggunaan teknologi. Keberkesanan bahan pembelajaran bergantung kepada bagaimana guru mereka bentuk aktiviti yang memberi ruang kepada murid untuk membuat pilihan, membina keyakinan terhadap kebolehan diri serta mewujudkan interaksi pembelajaran yang bermakna. Oleh itu, teknologi seperti Gemini berfungsi sebagai alat sokongan yang membantu guru menjana pelbagai alternatif bahan pembelajaran, manakala pemenuhan prinsip SDT masih bergantung kepada pertimbangan pedagogi guru dalam mereka bentuk pengalaman pembelajaran yang sesuai.

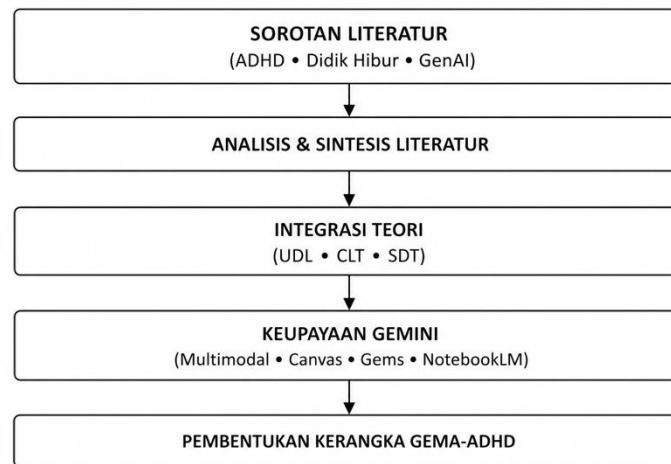
Selain itu, kebanyakan kajian berkaitan SDT dalam pembelajaran digital lebih banyak memfokuskan kepada penggunaan teknologi pendidikan secara umum, manakala penyelidikan yang mengintegrasikan prinsip SDT dengan kecerdasan buatan generatif, khususnya bagi pembangunan bahan didik hibur untuk murid ADHD, masih terhad. Jurang ini menunjukkan bahawa masih terdapat keperluan untuk meneroka bagaimana keupayaan Gemini dapat dimanfaatkan secara sistematik bagi menyokong motivasi intrinsik dan keterlibatan murid melalui reka bentuk pembelajaran yang berasaskan teori. Sehubungan itu, SDT melengkapkan peranan UDL dan CLT dalam Kerangka GEMA-ADHD. Jika UDL menyediakan prinsip pembelajaran yang inklusif dan CLT memberi panduan terhadap pengurusan beban kognitif, SDT pula menerangkan mekanisme motivasi yang membantu murid kekal terlibat sepanjang proses pembelajaran. Integrasi ketiga-tiga teori ini menjadi asas konseptual kepada pembangunan bahan didik hibur berasaskan Gemini yang bukan sahaja mudah diakses dan sesuai dari aspek kognitif, malah berpotensi menyokong penglibatan murid ADHD secara lebih bermakna, namun hubungan tersebut memerlukan penelitian lanjut dalam kajian lapangan.

3.4. Metodologi Pembangunan Kertas Konsep

Kertas konsep ini dibangunkan menggunakan pendekatan analisis literatur (*literature review*) dan sintesis konseptual bagi membentuk Kerangka GEMA-ADHD. Analisis literatur dilaksanakan dengan meneliti kajian-kajian terdahulu yang berkaitan dengan tiga domain utama, iaitu *Attention-Deficit Hyperactivity Disorder* (ADHD), pendekatan didik hibur dan pedagogi inklusif, serta penggunaan kecerdasan buatan generatif (*Generative Artificial Intelligence*) dalam pendidikan khas. Selain itu, dokumen rasmi seperti Garis Panduan *Universal Design for Learning* (UDL) versi 3.0 oleh CAST serta laporan teknikal Google DeepMind berkaitan Gemini turut dijadikan sumber rujukan bagi memastikan kerangka yang dicadangkan berasaskan perkembangan semasa.

Seterusnya, dapatan daripada sorotan literatur disintesis melalui pendekatan konseptual dengan mengintegrasikan tiga teori utama, iaitu *Universal Design for Learning* (UDL), Teori Beban Kognitif (*Cognitive Load Theory*, CLT), dan Teori Penentuan Kendiri (*Self-Determination Theory*, SDT). Ketiga-tiga teori tersebut digabungkan dengan keupayaan multimodal Gemini bagi membentuk Kerangka GEMA-ADHD yang menerangkan hubungan antara prinsip pedagogi, teknologi AI dan penglibatan murid ADHD dalam pembangunan bahan didik hibur. Oleh kerana kajian ini merupakan kertas konsep, tiada pengumpulan data empirikal dijalankan. Pendekatan sintesis konseptual dipilih kerana objektif utama kajian ini adalah untuk mengintegrasikan dapatan daripada pelbagai sumber literatur dan teori sedia ada bagi membangunkan satu kerangka konseptual yang berasaskan sintesis teori dan sorotan literatur semasa.

Berbeza dengan kajian empirikal yang menguji hubungan antara pemboleh ubah melalui pengumpulan data lapangan, kertas konsep bertujuan membina asas teori dan cadangan model yang boleh dijadikan panduan kepada penyelidikan empirikal pada masa hadapan. Oleh itu, kerangka GEMA-ADHD yang dicadangkan dalam kajian ini perlu dilihat sebagai model konseptual yang masih memerlukan proses pengesahan melalui kajian lapangan dalam konteks pendidikan khas. Kerangka yang dicadangkan berfungsi sebagai model konseptual yang boleh dijadikan asas kepada kajian empirikal pada masa hadapan bagi menilai keberkesanan penggunaan Gemini dalam reka bentuk bahan didik hibur untuk murid ADHD.



Rajah 1. Proses Pembangunan Kerangka Konseptual GEMA-ADHD

4. Kerangka Konseptual GEMA-ADHD

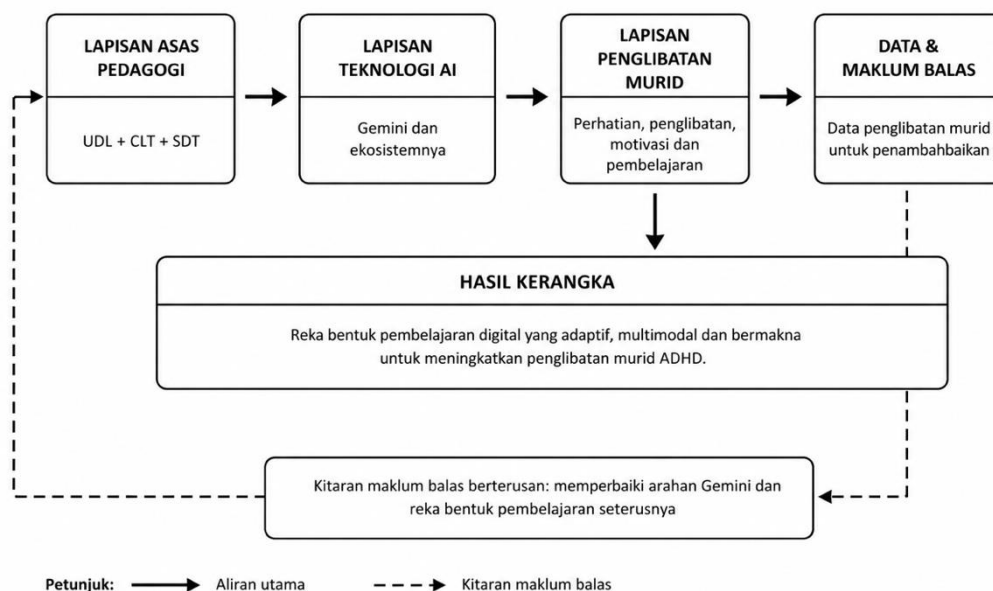
Kerangka Konseptual GEMA-ADHD dibangunkan hasil sintesis sorotan literatur berkaitan murid ADHD, pendekatan didik hiburan, kecerdasan buatan generatif serta tiga teori utama yang menjadi asas kajian, iaitu *Universal Design for Learning (UDL)*, *Cognitive Load Theory (CLT)* dan *Self-Determination Theory (SDT)*. Berbeza dengan model yang hanya memfokuskan kepada penggunaan teknologi, kerangka ini mencadangkan bahawa keberkesanan penggunaan Gemini bergantung kepada sejauh mana teknologi tersebut diintegrasikan dengan prinsip pedagogi dan teori pembelajaran yang sesuai. Oleh itu, Gemini tidak diletakkan sebagai komponen utama yang berdiri sendiri, sebaliknya berfungsi sebagai pemudah cara yang menyokong pelaksanaan prinsip-prinsip pedagogi dalam pembangunan bahan didik hiburan. Kerangka ini disusun secara berlapis bagi menggambarkan hubungan hierarki antara asas teori, keupayaan teknologi dan hasil pembelajaran yang diharapkan. Susunan tersebut menunjukkan bahawa pembangunan bahan pembelajaran perlu bermula daripada pemahaman terhadap keperluan pembelajaran murid, diikuti oleh pemilihan prinsip pedagogi yang sesuai sebelum memanfaatkan keupayaan teknologi. Pendekatan ini memastikan penggunaan GenAI dipandu oleh matlamat pendidikan dan bukannya oleh keupayaan teknologi semata-mata.

4.1. Gambaran Keseluruhan Kerangka

Kerangka GEMA-ADHD (Gemini-Edutainment-Multimodal-Adaptif untuk ADHD) terdiri daripada tiga lapisan hierarkikal yang saling berkait iaitu Lapisan Asas Pedagogi (UDL + CLT + SDT), Lapisan Teknologi AI (Gemini dan ekosistemnya), dan Lapisan Penglibatan Murid. Kerangka ini beroperasi melalui kitaran maklum balas berterusan dengan menggunakan data penglibatan murid untuk memperbaiki arahan kepada Gemini dalam kitaran reka bentuk seterusnya. Pendekatan berlapis ini menggambarkan bahawa penggunaan Gemini dalam pendidikan khas tidak berlaku secara bersendirian, sebaliknya dipandu oleh prinsip pedagogi yang telah dibincangkan dalam bahagian sebelumnya. Oleh itu, kerangka ini mencadangkan bahawa keberkesanan bahan didik hiburan bukan ditentukan oleh keupayaan teknologi semata-mata, tetapi oleh sejauh mana teknologi tersebut digunakan selaras dengan prinsip UDL, CLT dan SDT dalam memenuhi keperluan pembelajaran murid ADHD.

KERANGKA KONSEPTUAL GEMA-ADHD

(Gemini-Edutainment-Multimodal-Adaptif untuk ADHD)



Rajah 2. Kerangka Konseptual GEMA-ADHD

4.2. Lapisan 1: Asas Pedagogi

Lapisan pertama menentukan prinsip pedagogi dan teori yang menjadi asas kepada reka bentuk bahan. Prinsip UDL 3.0 menentukan keperluan pelbagai representasi dan penglibatan, manakala CLT menentukan had beban kognitif yang perlu dipatuhi. Sementara itu, SDT pula menentukan ciri motivasi yang perlu dipenuhi. Ketiga-tiga teori ini membentuk panduan reka bentuk yang boleh digunakan oleh guru semasa membina arahan (prompt) kepada Gemini. Walaupun setiap teori mempunyai fokus yang berbeza, ketiga-tiganya saling melengkapi dalam menyokong reka bentuk bahan didik hibur untuk murid ADHD. UDL memastikan bahan pembelajaran dapat diakses melalui pelbagai bentuk representasi, penglibatan dan ekspresi. CLT pula memastikan kandungan yang dijana tidak meningkatkan beban kognitif murid secara tidak perlu, manakala SDT memberi tumpuan kepada aspek motivasi intrinsik melalui autonomi, kompetensi dan keterhubungan. Integrasi ketiga-tiga teori ini membentuk asas pedagogi yang menjadi panduan kepada penggunaan Gemini dalam kerangka yang dicadangkan.

4.3. Lapisan 2: Enjin Penjanaan Gemini

Lapisan kedua merupakan teras teknologi dalam Kerangka GEMA-ADHD. Dalam lapisan ini, Gemini berfungsi sebagai alat sokongan guru untuk menjana idea, bahan, aktiviti dan cadangan reka bentuk pembelajaran yang bersifat multimodal. Keupayaan Gemini untuk memproses dan menjana kandungan dalam pelbagai bentuk seperti teks, visual, audio, video dan kod membolehkan guru meneroka reka bentuk bahan didik hibur yang lebih fleksibel dan pelbagai (Google DeepMind, 2024). Walau bagaimanapun, penggunaan Gemini dalam pendidikan khas perlu dipandu oleh prinsip pedagogi yang jelas, khususnya UDL, Teori Beban Kognitif dan Teori Penentuan Kendiri, agar bahan yang dihasilkan bukan sahaja menarik tetapi sesuai dengan keperluan murid ADHD (CAST, 2024; Mayer, 2021; Vansteenkiste et al., 2022). Dalam kerangka ini, Gemini tidak membuat keputusan pedagogi secara autonomi. Sebaliknya, Gemini bertindak sebagai alat sokongan yang membantu guru menjana idea, mempelbagaikan bentuk penyampaian dan mempercepatkan pembangunan bahan pembelajaran. Semua kandungan yang dijana masih memerlukan semakan profesional oleh guru bagi memastikan kesesuaian dengan objektif pembelajaran, tahap perkembangan murid dan konteks bilik darjah. Pendekatan ini selaras dengan pandangan bahawa penggunaan GenAI dalam pendidikan perlu disertai pengawasan manusia bagi menjamin ketepatan dan nilai pedagogi (Kasneci et al.,

2023). Pandangan ini turut disokong oleh Holmes et al. (2022) yang menegaskan bahawa penggunaan AI dalam pendidikan perlu mengekalkan akauntabiliti profesional guru dan tidak menyerahkan keputusan pedagogi sepenuhnya kepada sistem AI. Oleh itu, peranan Gemini dalam kerangka ini lebih sesuai dilihat sebagai alat sokongan reka bentuk pembelajaran dan bukannya pengganti kepada pertimbangan profesional guru.

4.3.1 Gemini dalam Membina RPH Pembelajaran Terbeza (RPH-PT)

Pembelajaran terbeza merupakan pendekatan penting dalam pendidikan inklusif kerana murid ADHD mempunyai tahap tumpuan, keupayaan memproses maklumat, kawalan sendiri dan gaya pembelajaran yang berbeza. Prinsip UDL menekankan keperluan menyediakan pelbagai cara representasi, penglibatan serta tindakan dan ekspresi agar pembelajaran dapat diakses oleh murid yang mempunyai profil pembelajaran berbeza (CAST, 2024). Dalam konteks ini, Gemini berpotensi membantu guru menjana cadangan RPH yang mengandungi aktiviti berbeza aras, bahan visual, soalan rangsangan, aktiviti permainan dan penilaian ringkas yang disesuaikan dengan objektif pembelajaran. Melalui arahan atau *prompt* yang jelas, guru boleh memasukkan maklumat seperti mata pelajaran, tahun, topik, standard pembelajaran, tempoh pengajaran dan profil ringkas murid. Berdasarkan maklumat tersebut, Gemini boleh membantu mencadangkan aktiviti sokongan, aktiviti asas dan aktiviti pengayaan. Namun begitu, RPH yang dijana tidak boleh digunakan secara terus tanpa semakan. Guru masih perlu menilai kesesuaian aktiviti, tahap bahasa, tempoh pelaksanaan, keupayaan murid dan keselarasan dengan Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran. Hal ini selaras dengan pandangan Kasneci et al. (2023) bahawa model bahasa besar dalam pendidikan perlu digunakan dengan pengawasan manusia bagi memastikan ketepatan dan kesesuaian pedagogi.

4.3.2 Gemini dalam Membina Rancangan Pendidikan Individu (RPI)

Rancangan Pendidikan Individu (RPI) merupakan dokumen penting dalam pendidikan khas kerana ia menetapkan matlamat, strategi intervensi dan kaedah penilaian berdasarkan keperluan individu murid. Dalam konteks murid ADHD, penyediaan RPI perlu mengambil kira aspek tumpuan, regulasi emosi, kawalan impuls, kemahiran sosial, motivasi dan tahap kefungsi akademik murid. Oleh itu, penggunaan AI dalam penyediaan cadangan RPI perlu berasaskan data pemerhatian guru, rekod perkembangan murid dan pertimbangan profesional. Gemini boleh digunakan sebagai alat sokongan awal untuk membantu guru menjana cadangan matlamat, aktiviti intervensi dan bahan didik hibur yang berkaitan dengan keperluan murid. Sebagai contoh, bagi murid yang menghadapi kesukaran mengawal emosi, Gemini boleh membantu mencadangkan cerita sosial, kad emosi, aktiviti main peranan atau skrip perbualan mudah. Bagi murid yang mempunyai kelemahan memori kerja pula, Gemini boleh membantu mencadangkan penggunaan kad imbas, lagu mnemonic, visual langkah demi langkah atau aktiviti pengulangan berstruktur. Namun, semua cadangan tersebut perlu disemak semula oleh guru kerana AI berfungsi sebagai alat sokongan, bukan pengganti keputusan profesional guru (Hwang et al., 2022; Kasneci et al., 2023).

4.3.3 Gems Storybook: Cerita Sosial sebagai Intervensi Didik Hibur

Fungsi Gems dalam Gemini membolehkan guru membina ejen AI tersuai yang boleh diarahkan untuk menghasilkan cerita sosial berdasarkan isu tertentu yang dihadapi oleh murid ADHD. Cerita sosial sesuai digunakan sebagai bahan didik hibur kerana ia menyampaikan mesej tingkah laku, emosi dan kemahiran sosial melalui naratif yang mudah difahami. Pendekatan naratif juga dapat membantu murid memahami situasi sosial, mengenal pasti tingkah laku sesuai dan membuat pilihan tindakan yang lebih baik. Melalui Gems Storybook, guru boleh menyediakan cerita sosial yang berkaitan dengan situasi sebenar murid seperti menunggu giliran, mengawal kemarahan, memberi perhatian semasa guru bercakap, menyelesaikan konflik dengan rakan atau menyiapkan tugas secara berperingkat. Cerita yang dijana boleh diperkukuh dengan ilustrasi visual, dialog ringkas dan mesej positif. Dari perspektif pembelajaran multimedia, gabungan perkataan dan visual yang terancang dapat membantu murid membina pemahaman dengan lebih baik berbanding bahan teks semata-mata (Mayer, 2021). Namun, guru perlu memastikan cerita tersebut menggunakan bahasa yang sesuai, tidak melabel murid secara negatif dan selaras dengan objektif intervensi yang ditetapkan.

4.3.4 Fungsi Canvas Gemini: Slaid, Permainan, dan Papan Cerita

Fungsi Canvas dalam Gemini berpotensi membantu guru menghasilkan bahan visual dan interaktif seperti slaid pengajaran, papan cerita, kuiz mudah dan permainan pembelajaran. Bagi murid ADHD, bahan visual yang jelas, ringkas dan tersusun dapat membantu mengurangkan kekeliruan serta menyokong tumpuan semasa pembelajaran. Prinsip Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia menekankan kepentingan mengurangkan maklumat tidak relevan, menonjolkan maklumat penting dan memecahkan kandungan kepada bahagian kecil bagi menyokong pemprosesan kognitif murid (Mayer, 2021). Selain itu, guru boleh menggunakan Gemini untuk mencadangkan struktur permainan pembelajaran seperti kuiz berpemarkahan, teka silang kata, aktiviti padanan gambar, permainan mencari jawapan atau cabaran berperingkat. Elemen permainan ini boleh meningkatkan minat murid sekiranya direka secara terkawal dan tidak terlalu membebankan. Dalam konteks ini, peranan guru penting untuk memastikan permainan yang dijana bukan sekadar menarik, tetapi benar-benar menyokong objektif pembelajaran. Hal ini sejajar dengan prinsip UDL yang menekankan reka bentuk pembelajaran fleksibel bagi mengurangkan halangan pembelajaran dan meningkatkan akses murid terhadap kandungan (CAST, 2024).

4.3.5 Integrasi Gemini dengan NotebookLM

Integrasi Gemini dengan NotebookLM boleh membantu guru mengurus dan menukar bahan sumber seperti DSKP, nota pengajaran, teks bacaan atau laporan ringkas kepada pelbagai bentuk bahan pembelajaran. Antara bahan yang boleh dijana termasuk ringkasan topik, soalan kuiz, kad imbas, skrip audio, idea infografik, panduan aktiviti dan bahan ulang kaji ringkas. Keupayaan ini berguna kepada guru pendidikan khas kerana penyediaan bahan untuk murid ADHD sering memerlukan pengubahsuaian dari segi bahasa, visual, tahap kesukaran dan tempoh aktiviti. Walau bagaimanapun, bahan yang dijana melalui NotebookLM atau Gemini perlu melalui proses semakan guru. Hal ini penting bagi memastikan kandungan tidak terlalu sukar, tidak mengandungi maklumat yang salah, sesuai dengan tahap murid dan tidak bercanggah dengan objektif pembelajaran. Keperluan semakan manusia ini penting kerana model bahasa besar boleh menghasilkan respons yang kelihatan meyakinkan tetapi berisiko tidak tepat, bias atau tidak sesuai dengan konteks tertentu (Bender et al., 2021; Kasneci et al., 2023).

Dalam kerangka ini, Gemini berfungsi sebagai pemudah cara yang menterjemahkan prinsip pedagogi kepada bentuk bahan pembelajaran yang praktikal. Keupayaan multimodal Gemini membolehkan guru menghasilkan pelbagai bentuk bahan didik hibur, namun keberkesanannya masih bergantung kepada kebolehan guru membina arahan (prompt), menilai kandungan yang dijana serta memastikan bahan tersebut selaras dengan objektif pembelajaran dan keperluan murid ADHD.

4.3.6 Penjanaan Lagu, Visual Grafik, dan Kuiz Berasaskan Permainan

Murid ADHD sering mendapat manfaat daripada bahan pembelajaran yang mempunyai unsur muzik, visual, pergerakan dan permainan kerana pendekatan ini dapat menjadikan pembelajaran lebih aktif dan bermakna. Gemini boleh membantu guru menjana lirik lagu pendidikan, rima mudah, visual konsep, peta minda, kad imbas, soalan kuiz dan aktiviti permainan berdasarkan topik pembelajaran. Bahan seperti ini boleh digunakan untuk memperkukuh ingatan, menarik perhatian murid dan menyediakan variasi dalam aktiviti pengajaran. Walaupun begitu, penggunaan lagu, grafik dan permainan perlu dirancang secara pedagogi. Bahan yang terlalu banyak rangsangan visual atau audio boleh menyebabkan murid ADHD mudah terganggu. Oleh itu, guru perlu memastikan setiap bahan mempunyai objektif yang jelas, arahan yang ringkas, tempoh aktiviti yang sesuai dan elemen ganjaran yang tidak berlebihan. Prinsip ini selaras dengan Teori Beban Kognitif dan pembelajaran multimedia yang menekankan keperluan mengurus jumlah maklumat yang diproses oleh murid semasa pembelajaran (Mayer, 2021). Dengan bimbingan guru, bahan didik hibur yang dijana melalui Gemini berpotensi menjadi sokongan yang berguna dalam meningkatkan keterlibatan murid ADHD.

Oleh itu, bahan didik hibur dalam kerangka ini tidak dilihat sekadar sebagai medium hiburan, tetapi sebagai mekanisme yang menghubungkan prinsip UDL, CLT dan SDT dengan pengalaman pembelajaran murid. Setiap bahan

yang dibangunkan perlu menyokong objektif pembelajaran, mengawal beban kognitif dan pada masa yang sama meningkatkan motivasi intrinsik serta penglibatan murid secara bermakna.

4.4. Lapisan 3: Penglibatan Murid dan Kitaran Maklum Balas

Lapisan ketiga Kerangka GEMA-ADHD menumpukan pengalaman murid ADHD dan mekanisme maklum balas yang memastikan penambahbaikan berterusan. Berdasarkan SDT dan prinsip pembelajaran adaptif, bahan yang dihasilkan melalui Gemini perlu menyediakan maklum balas segera, peningkatan tahap kesukaran secara beransur-ansur, matlamat jangka pendek yang jelas serta pilihan aktiviti yang memberi rasa autonomi kepada murid (Vansteenkiste et al., 2022; Hwang et al., 2022). Data penglibatan murid sama ada melalui pemerhatian guru, rekod digital, atau penilaian formatif perlu digunakan secara sistematik untuk memperbaiki arahan kepada Gemini dalam kitaran reka bentuk berikutnya. Ini menjadikan kerangka GEMA-ADHD bukan sekadar model pembangunan bahan, tetapi sistem pengajaran yang bersifat dinamik dan bertambah baik secara berterusan. Kitaran maklum balas ini menunjukkan bahawa Kerangka GEMA-ADHD bersifat dinamik dan responsif terhadap perkembangan murid. Maklumat yang diperoleh daripada pemerhatian guru, pentaksiran formatif dan data penglibatan murid boleh digunakan untuk memperhalusi arahan (prompt) kepada Gemini, sekali gus membolehkan bahan didik hibur yang dibangunkan menjadi semakin sesuai dengan keperluan individu murid. Pendekatan ini selaras dengan konsep penambahbaikan berterusan dalam reka bentuk pembelajaran yang menekankan penggunaan evidens pembelajaran bagi meningkatkan keberkesanan intervensi pendidikan.

5. Perbincangan

5.1. Potensi Konseptual Gemini dalam Pendidikan Khas

Potensi Gemini dalam Kerangka GEMA-ADHD perlu ditafsirkan berdasarkan perkembangan yang lebih luas dalam AI pendidikan dan teknologi intervensi, bukannya sebagai bukti langsung bahawa Gemini telah berkesan untuk murid ADHD. Hwang et al. menghuraikan AI sebagai alat yang boleh menyokong personalisasi, maklum balas dan pembuatan keputusan pendidikan. Dalam pendidikan khas, fungsi tersebut relevan kerana guru perlu menyesuaikan bahan mengikut kebolehan, tahap kefungsi dan matlamat individu murid. Kajian Alqahtani et al. pula menunjukkan bahawa GenAI boleh digunakan untuk menyokong penyediaan pengajaran terbeza, tetapi kualiti hasilnya masih bergantung pada input guru dan proses penilaian profesional.

Oleh itu, keupayaan Gemini menjana teks, visual, kod dan aktiviti tidak dengan sendirinya menjamin kesesuaian pedagogi untuk murid ADHD. Dapatan kedua-dua kajian tersebut menunjukkan bahawa potensi GenAI dalam pendidikan khas perlu ditafsirkan secara berhati-hati. Hwang et al. lebih menekankan keupayaan AI sebagai sistem sokongan pembelajaran secara umum, manakala Alqahtani et al. memberi fokus kepada penyediaan pengajaran terbeza melalui AI. Walaupun kedua-duanya menyokong penggunaan AI dalam pendidikan, kedua-dua kajian tidak membincangkan secara khusus bagaimana bahan yang dijana perlu direka bentuk bagi mengambil kira beban kognitif, motivasi dan ciri neurokognitif murid ADHD. Jurang inilah yang cuba ditangani melalui Kerangka GEMA-ADHD dengan mengintegrasikan penggunaan Gemini bersama UDL, CLT dan SDT dalam satu kerangka pedagogi yang lebih sistematik. Perbezaan ini menunjukkan bahawa kebanyakan penyelidikan terdahulu memberi penekanan kepada fungsi AI sebagai teknologi sokongan pembelajaran, manakala GEMA-ADHD memberi tumpuan kepada proses reka bentuk pedagogi yang menghubungkan AI dengan prinsip UDL, CLT dan SDT. Oleh itu, sumbangan kerangka ini bukan terletak pada penggunaan Gemini semata-mata, tetapi pada integrasi teori pembelajaran dengan keupayaan GenAI dalam konteks pendidikan khas.

Penyelidikan mengenai intervensi teknologi untuk ADHD turut memberikan asas kepada potensi konseptual kerangka ini. Luo et al. melaporkan bahawa intervensi berasaskan teknologi boleh memberikan kesan positif terhadap aspek pembelajaran atau tingkah laku tertentu, tetapi kesannya berbeza mengikut jenis intervensi, tempoh penggunaan dan ciri peserta. Agrawal et al. pula menunjukkan kemungkinan menggunakan pemantauan perhatian dan penyesuaian kandungan secara masa nyata. Namun, sistem pemantauan perhatian tidak sama dengan sistem

penjanaan bahan seperti Gemini. Justeru, dapatan tersebut hanya menyokong prinsip penyesuaian kandungan dan maklum balas, bukan membuktikan keberkesanan Gemini atau Kerangka GEMA-ADHD.

Secara keseluruhannya, kajian-kajian terdahulu memberikan justifikasi terhadap penggunaan AI dan teknologi digital sebagai alat sokongan dalam pendidikan khas, namun tahap bukti yang tersedia masih berbeza mengikut jenis teknologi dan konteks kajian. Hwang et al. (2022) membincangkan AI daripada perspektif sistem pendidikan secara umum, Alqahtani et al. (2023) menumpukan penggunaan GenAI dalam pengajaran terbeza, manakala Luo et al. (2024) dan Agrawal et al. (2023) lebih memfokuskan intervensi teknologi bagi murid ADHD. Persamaan antara kajian-kajian tersebut ialah teknologi berpotensi menyokong penyesuaian pembelajaran, tetapi tiada satu pun yang menghuraikan bagaimana model bahasa besar seperti Gemini perlu digabungkan secara sistematik dengan teori pedagogi dan teori pembelajaran untuk mereka bentuk bahan didik hibur khusus bagi murid ADHD. Oleh itu, Kerangka GEMA-ADHD dicadangkan untuk mengisi jurang tersebut melalui integrasi UDL, CLT dan SDT sebagai asas konseptual yang membimbing penggunaan Gemini dalam konteks pendidikan khas. Walau bagaimanapun, hubungan yang dicadangkan ini masih memerlukan pengesahan melalui kajian empirikal.

5.2. Integrasi UDL, Teori Beban Kognitif dan Teori Penentuan Kendiri

Penggabungan UDL, Teori Beban Kognitif dan Teori Penentuan Kendiri dalam GEMA-ADHD dicadangkan kerana setiap teori menangani persoalan reka bentuk yang berbeza. UDL menjawab persoalan tentang akses, iaitu bagaimana kandungan boleh dipersembahkan melalui pelbagai bentuk representasi, tindakan, ekspresi dan penglibatan. Dapatan Ok et al. menyokong penggunaan UDL berbantuan teknologi dalam pendidikan khas, terutama bagi mengurangkan halangan pembelajaran. Namun, penyediaan pelbagai pilihan dan modaliti tidak semestinya sesuai sekiranya semua elemen dipersembahkan secara serentak. Teori Beban Kognitif melengkapkan UDL dengan menetapkan batas terhadap jumlah maklumat, rangsangan dan pilihan yang perlu diproses oleh murid. Skulmowski dan Xu menegaskan bahawa interaktiviti dan kepelbagaian dalam pembelajaran digital boleh meningkatkan beban kognitif ekstrinsik apabila elemen yang dipersembahkan tidak relevan dengan tugas pembelajaran. Chen et al. turut menunjukkan bahawa keberkesanan sesuatu reka bentuk bergantung pada pengetahuan dan keupayaan sedia ada pelajar. Dalam konteks ADHD, pertimbangan ini penting kerana bahan yang terlalu padat, animasi berlebihan atau arahan yang panjang boleh bersaing untuk mendapatkan perhatian murid.

SDT pula melengkapkan kedua-dua teori tersebut dengan menerangkan sebab murid memilih untuk terlibat dan mengekalkan usaha. Menurut Vansteenkiste et al., autonomi, kompetensi dan keterhubungan merupakan keperluan psikologi asas yang berkaitan dengan motivasi. González-Pérez et al. menunjukkan bahawa persekitaran digital yang menyokong keperluan tersebut berpotensi menggalakkan penglibatan murid berkeperluan khas. Oleh itu, UDL menentukan bentuk pilihan yang boleh disediakan, CLT mengawal jumlah dan kerumitan pilihan, manakala SDT menjelaskan bagaimana pilihan, maklum balas dan sokongan boleh memberi makna motivasi kepada murid.

Integrasi UDL, CLT dan SDT dalam Kerangka GEMA-ADHD tidak bermaksud semua prinsip ketiga-tiga teori perlu diaplikasikan secara serentak dalam setiap bahan pembelajaran. Sebaliknya, guru perlu membuat pertimbangan pedagogi berdasarkan profil pembelajaran murid, objektif pembelajaran dan konteks PdP. Sebagai contoh, pemberian pilihan aktiviti dapat meningkatkan autonomi seperti yang diuraikan oleh SDT, namun terlalu banyak pilihan berpotensi meningkatkan beban kognitif seperti yang dijelaskan oleh CLT. Dalam keadaan ini, prinsip UDL berfungsi sebagai panduan untuk menyediakan pilihan yang fleksibel tetapi masih terkawal. Sintesis ketiga-tiga teori ini menunjukkan bahawa setiap teori saling melengkapi dalam menjawab dimensi pembelajaran yang berbeza, iaitu UDL menyokong kebolehcapaian, CLT mengoptimumkan pemprosesan maklumat, manakala SDT mengukuhkan motivasi intrinsik (CAST, 2024; Mayer, 2021; Vansteenkiste et al., 2022). Oleh itu, sumbangan utama GEMA-ADHD bukan sekadar menggabungkan tiga teori yang telah mantap, tetapi menghuraikan bagaimana ketiga-tiganya boleh dimanfaatkan secara serentak untuk membimbing penggunaan Gemini dalam mereka bentuk bahan didik hibur yang lebih sistematik bagi murid ADHD.

5.3. Penglibatan Murid dan Risiko Beban Kognitif

Salah satu ketegangan utama dalam reka bentuk bahan didik hibur ialah andaian bahawa bahan yang lebih menarik akan menghasilkan penglibatan yang lebih tinggi. Unsur permainan, animasi, muzik, ganjaran dan naratif boleh menarik perhatian awal murid, tetapi perhatian terhadap rangsangan tidak semestinya menunjukkan penglibatan terhadap kandungan pembelajaran. Murid mungkin memberikan respons aktif kepada elemen permainan tanpa memproses konsep akademik yang disasarkan. Oleh itu, penglibatan tingkah laku seperti klik, penyertaan atau tempoh penggunaan tidak boleh dianggap secara automatik sebagai penglibatan kognitif. Hal ini menunjukkan bahawa peningkatan perhatian terhadap elemen multimedia tidak boleh dianggap sebagai petunjuk langsung kepada peningkatan pembelajaran. Oleh itu, keberkesanan bahan didik hibur yang dijana melalui Gemini perlu dinilai berdasarkan pencapaian objektif pembelajaran dan bukannya tahap keseronokan murid semata-mata.

Kim et al. menunjukkan bahawa gamifikasi boleh menjadikan pengalaman pembelajaran lebih menarik, tetapi manfaatnya dipengaruhi oleh cara elemen permainan disepadukan dengan objektif pembelajaran. Mayer (2021) pula menegaskan bahawa elemen multimedia yang menarik tetapi tidak relevan boleh mengganggu pemprosesan maklumat. Bagi murid ADHD, percanggahan ini mungkin lebih ketara kerana unsur baharu, bergerak atau berwarna boleh menarik perhatian secara segera tetapi pada masa yang sama mengalihkan perhatian daripada isi utama. Oleh itu, GEMA-ADHD mencadangkan bahawa setiap elemen hiburan perlu mempunyai fungsi pedagogi yang dapat dikenal pasti dan bukan dimasukkan semata-mata untuk meningkatkan daya tarikan visual. Berdasarkan pertimbangan tersebut, kesan bahan terhadap penglibatan murid perlu dinilai melalui beberapa indikator, termasuk penyelesaian tugas, ketepatan respons, keupayaan menjelaskan semula kandungan dan pemindahan pembelajaran. Pemerhatian bahawa murid kelihatan seronok atau memberikan perhatian sementara belum mencukupi untuk membuktikan peningkatan pembelajaran.

Walaupun kebanyakan kajian melaporkan bahawa elemen gamifikasi, multimedia dan aktiviti interaktif berupaya meningkatkan penglibatan murid, peningkatan penglibatan tidak semestinya diterjemahkan kepada pembelajaran yang lebih berkesan. Kim et al. (2022) menunjukkan bahawa gamifikasi mampu meningkatkan motivasi dan penyertaan murid dalam aktiviti pembelajaran, namun kesannya terhadap pencapaian akademik bergantung kepada kualiti reka bentuk pedagogi yang mendasarinya. Pada masa yang sama, Mayer (2021) serta Skulmowski dan Xu (2022) mengingatkan bahawa penggunaan elemen multimedia yang berlebihan boleh meningkatkan beban kognitif ekstrinsik sehingga mengganggu pemprosesan maklumat, khususnya bagi murid ADHD yang mempunyai keterbatasan memori kerja dan kawalan perhatian. Perbandingan dapatan ini menunjukkan bahawa penglibatan murid perlu difahami sebagai prasyarat kepada pembelajaran, bukannya petunjuk langsung kepada keberkesanan pembelajaran. Oleh itu, Kerangka GEMA-ADHD tidak mencadangkan penggunaan elemen didik hibur secara maksimum, sebaliknya menekankan keseimbangan antara unsur motivasi, kawalan beban kognitif dan pencapaian objektif pembelajaran melalui integrasi SDT, CLT dan UDL. Pendekatan ini dijangka dapat membantu guru mereka bentuk bahan yang bukan sahaja menarik perhatian murid, malah turut menyokong pemprosesan maklumat secara lebih bermakna. Meskipun begitu, hubungan konseptual ini masih memerlukan pengesahan melalui kajian empirikal dalam konteks pendidikan khas.

5.4. Kekuatan dan Keterbatasan Bahan Multimodal

Kekuatan utama bahan multimodal ialah keupayaannya menyediakan lebih daripada satu saluran untuk memahami kandungan. Visual boleh menjelaskan konsep abstrak, audio boleh menyokong murid yang mempunyai kesukaran membaca, manakala naratif dan simulasi boleh memberikan konteks kepada sesuatu situasi. Prinsip ini selaras dengan UDL yang menekankan kepelbagaian representasi serta Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia yang menjelaskan bahawa gabungan teks dan visual hanya berkesan apabila setiap modaliti menyokong pemprosesan maklumat dan bukannya bersaing untuk mendapatkan perhatian murid (CAST, 2024; Mayer, 2021).

Walau bagaimanapun, multimodaliti bukan sinonim dengan penggunaan sebanyak mungkin bentuk media. Teks, visual, audio dan animasi yang dipersembahkan serentak boleh menghasilkan pertindihan maklumat, perhatian terbahagi dan beban kognitif ekstrinsik. Bagi sesetengah murid ADHD, muzik latar, animasi bergerak atau ganjaran

visual boleh berfungsi sebagai distraksi. Oleh sebab profil ADHD bersifat heterogen, bahan yang membantu seorang murid mungkin mengganggu murid yang lain. Keadaan ini menunjukkan bahawa kekuatan bahan multimodal turut menjadi sumber keterbatasannya. Semakin banyak modaliti digunakan, semakin tinggi keperluan guru untuk membuat pertimbangan pedagogi bagi menentukan gabungan media yang benar-benar membantu proses pembelajaran tanpa meningkatkan rangsangan yang tidak diperlukan. GEMA-ADHD dengan itu tidak mencadangkan satu format multimodal yang seragam, tetapi penggunaan modaliti secara terpilih berdasarkan objektif, tahap kefungsi dan respons individu murid. Sebagai contoh, lagu mnemonic mungkin membantu pengekal maklumat tertentu seperti yang dibincangkan oleh Ramachandra et al., tetapi manfaat tersebut tidak semestinya terpakai kepada semua jenis kandungan atau semua murid. Begitu juga, cerita sosial yang diperibadikan boleh memberikan konteks yang lebih dekat dengan pengalaman murid, namun dapatan daripada intervensi cerita sosial, termasuk kajian Rao et al. dan Kuoch dan Mirenda, tidak boleh terus digeneralisasikan kepada cerita sosial yang dijana oleh AI tanpa penilaian terhadap ketepatan naratif, bahasa dan kesesuaian tingkah laku sasaran.

Dapatan beberapa kajian menunjukkan bahawa keberkesanan bahan multimodal bukan ditentukan oleh bilangan modaliti yang digunakan, tetapi oleh kesesuaian kombinasi modaliti dengan objektif pembelajaran dan keperluan murid. Ramachandra et al. melaporkan bahawa penggunaan lagu mnemonic dapat meningkatkan pengekal maklumat tertentu, manakala Rao et al. menunjukkan bahawa sokongan visual membantu murid memahami konsep yang sukar melalui representasi yang lebih konkrit. Dalam konteks komunikasi sosial, Kuoch dan Mirenda pula mendapati bahawa gabungan visual dan naratif mampu meningkatkan kefahaman situasi sosial bagi murid berkeperluan khas. Walaupun ketiga-tiga kajian tersebut menyokong penggunaan pendekatan multimodal, fokusnya masih tertumpu kepada intervensi atau media tertentu dan belum membincangkan bagaimana AI generatif boleh membantu guru memilih, menggabungkan dan menyesuaikan modaliti secara dinamik mengikut profil pembelajaran murid. Oleh itu, GEMA-ADHD mencadangkan penggunaan keupayaan multimodal Gemini sebagai alat sokongan untuk menjana pelbagai alternatif bahan pembelajaran, manakala pemilihan modaliti yang paling sesuai kekal bergantung pada pertimbangan pedagogi guru, tahap kefungsi murid dan objektif pembelajaran. Pendekatan ini dijangka dapat mengurangkan risiko penggunaan multimedia secara berlebihan, di samping mengekalkan manfaat fleksibiliti yang ditawarkan oleh pendekatan multimodal.

5.5. Pengaruh Guru, Sekolah, Akses Teknologi dan Tahap Kefungsi Murid

Keberkesanan penggunaan GEMA-ADHD dijangka dipengaruhi oleh konteks pelaksanaannya. Pertama, guru memerlukan pengetahuan tentang ADHD, kemahiran reka bentuk instruksional dan literasi AI. Keupayaan membina prompt yang baik sahaja tidak mencukupi kerana keberkesanan bahan yang dijana turut bergantung pada kebolehan guru mentafsir keperluan murid, menilai ketepatan kandungan dan membuat penyesuaian pedagogi. Dapatan Kasneci et al. dan Farrokhnia et al. menunjukkan bahawa manfaat GenAI hanya dapat direalisasikan apabila pengguna mempunyai literasi AI dan keupayaan membuat pertimbangan profesional terhadap output yang dijana.

Kedua, faktor sekolah seperti capaian Internet, ketersediaan peranti, polisi penggunaan AI, sokongan pentadbir dan masa untuk menyediakan bahan boleh mempengaruhi kebolehlaksanaan kerangka. Sekolah yang mempunyai akses peranti terhad mungkin tidak dapat menggunakan bahan interaktif secara individu. Dalam keadaan sedemikian, guru mungkin perlu menyesuaikan bahan kepada aktiviti berkumpulan, bahan bercetak atau penggunaan satu peranti secara berpusat.

Ketiga, murid ADHD bukan kumpulan yang homogen. Tahap perhatian, bahasa, memori kerja, keupayaan akademik, regulasi emosi, keadaan komorbid dan pengalaman menggunakan teknologi berbeza antara individu. Oleh itu, GEMA-ADHD tidak seharusnya digunakan sebagai formula seragam untuk semua murid ADHD. Kitaran maklum balas dalam kerangka perlu berasaskan pemerhatian guru, hasil tugasan dan respons murid, bukan hanya analitik penggunaan teknologi. Oleh itu, kebolehgunaan Kerangka GEMA-ADHD dijangka berbeza mengikut konteks sekolah dan tahap kesediaan guru. Faktor-faktor ini menunjukkan bahawa dapatan daripada kajian luar negara tidak boleh digeneralisasikan secara langsung kepada konteks pendidikan khas di Malaysia tanpa mengambil kira perbezaan dasar, infrastruktur digital dan amalan pengajaran tempatan. Keadaan ini menunjukkan bahawa

keberkesanan sesuatu kerangka pedagogi tidak hanya dipengaruhi oleh reka bentuknya, tetapi turut bergantung kepada faktor ekologi seperti budaya sekolah, dasar pendidikan, sokongan pentadbir dan kesiapsiagaan guru.

Secara keseluruhannya, keberkesanan pelaksanaan Kerangka GEMA-ADHD dijangka dipengaruhi oleh interaksi antara kompetensi guru, kesiapsiagaan organisasi dan keperluan pembelajaran murid. Kasneci et al. (2023) menegaskan bahawa AI hanya dapat dimanfaatkan secara berkesan apabila guru mempunyai keupayaan untuk menilai, mengubah suai dan mengesahkan kandungan yang dijana, manakala Farrokhnia et al. (2024) menekankan kepentingan literasi AI serta pembangunan profesional yang berterusan. Selain itu, Crompton dan Burke (2023) serta Chan dan Hu (2023) menjelaskan bahawa sokongan kepimpinan sekolah, dasar penggunaan AI dan akses kepada infrastruktur digital merupakan faktor penting yang mempengaruhi pelaksanaan AI dalam pendidikan. Oleh itu, potensi GEMA-ADHD tidak bergantung kepada keupayaan Gemini semata-mata, tetapi turut dipengaruhi oleh kesediaan guru mengintegrasikan AI secara pedagogi, sokongan institusi serta kepelbagaian profil murid ADHD. Keadaan ini menunjukkan bahawa keberkesanan kerangka yang dicadangkan berkemungkinan berbeza mengikut konteks pelaksanaannya dan masih memerlukan pengesahan melalui kajian empirikal dalam pelbagai persekitaran pendidikan khas.

5.6. Isu Etika, Privasi, Bias dan Ketepatan Kandungan

Penggunaan GenAI dalam pendidikan khas menimbulkan risiko etika yang lebih sensitif kerana data yang digunakan mungkin merangkumi diagnosis, tahap kefungsi, tingkah laku, emosi dan maklumat RPI murid. Holmes et al. menegaskan bahawa penggunaan AI dalam pendidikan perlu mempertimbangkan akauntabiliti, keadilan, keterangkuman dan pengawasan manusia. Oleh itu, guru tidak seharusnya memasukkan nama, diagnosis terperinci, rekod tingkah laku atau maklumat keluarga yang boleh mengenal pasti murid ke dalam sistem AI tanpa dasar, persetujuan dan perlindungan data yang jelas. Risiko bias juga boleh muncul apabila model menghasilkan gambaran stereotaip tentang ADHD, misalnya menggambarkan semua murid sebagai hiperaktif, bermasalah atau tidak mampu mengawal diri. Bender et al. mengingatkan bahawa model bahasa menghasilkan respons berdasarkan pola data latihan yang mungkin mengandungi bias sosial dan budaya. Dalam cerita sosial atau bahan intervensi, bias sebegini boleh menyebabkan pelabelan negatif dan menjejaskan maruah murid. Justeru, bahan perlu dinilai bukan sahaja dari segi tatabahasa dan ketepatan fakta, tetapi juga dari segi bahasa yang menghormati neurodiversiti, kesesuaian budaya dan kemungkinan kesan psikologi terhadap murid.

Ketepatan kandungan turut menjadi isu apabila Gemini menghasilkan cadangan intervensi, matlamat RPI atau penjelasan berkaitan tingkah laku. Kandungan yang kelihatan profesional tidak semestinya berasaskan bukti. Oleh itu, GEMA-ADHD perlu menetapkan prinsip semakan manusia sebagai komponen wajib. Guru berperanan sebagai penyaring pedagogi, manakala keputusan yang melibatkan diagnosis, terapi atau intervensi klinikal perlu dirujuk kepada profesional yang berkelayakan. Sehubungan itu, penggunaan Gemini dalam pendidikan khas perlu dilihat sebagai pendekatan yang memerlukan keseimbangan antara inovasi teknologi dan tanggungjawab profesional guru. Secara keseluruhannya, literatur menunjukkan bahawa cabaran penggunaan AI generatif dalam pendidikan bukan sekadar melibatkan ketepatan kandungan, malah merangkumi aspek tadbir urus, privasi data, akauntabiliti dan kepercayaan pengguna terhadap sistem AI. Bender et al. (2021), Holmes et al. (2022) dan Kasneci et al. (2023) secara konsisten menegaskan bahawa AI perlu berfungsi sebagai alat sokongan kepada guru dan bukannya mekanisme yang membuat keputusan pedagogi secara autonomi. Oleh itu, Kerangka GEMA-ADHD mencadangkan supaya setiap kandungan yang dijana oleh Gemini melalui proses semakan, pengubahsuaian dan pengesahan profesional sebelum digunakan dalam PdP. Pendekatan ini dapat mengurangkan risiko bias, ketidaktepatan kandungan dan pelanggaran privasi, di samping memastikan penggunaan AI kekal berpaksikan pertimbangan pedagogi, etika profesional dan kebajikan murid.

5.7. Perbandingan GEMA-ADHD dengan Pendekatan Terdahulu

GEMA-ADHD mempunyai persamaan dengan UDL dari segi penyediaan pelbagai bentuk representasi, penglibatan serta tindakan dan ekspresi. Persamaannya dengan pendekatan pembelajaran multimedia pula terletak pada penggunaan gabungan teks dan visual secara terancang. Kerangka ini juga berkongsi prinsip personalisasi dengan

sistem pembelajaran adaptif dan pendekatan RPI, iaitu bahan disesuaikan berdasarkan keperluan individu murid. Walau bagaimanapun, GEMA-ADHD berbeza daripada pendekatan tersebut dalam tiga aspek. Pertama, kerangka ini memberi fokus khusus kepada proses reka bentuk bahan didik hibur untuk murid ADHD, bukan kepada pembelajaran inklusif secara umum. Kedua, GEMA-ADHD menggabungkan pertimbangan akses, beban kognitif dan motivasi dalam satu aliran reka bentuk. Ketiga, kerangka ini meletakkan Gemini sebagai alat penjana yang dikawal melalui prompt berasaskan pedagogi, semakan guru dan kitaran maklum balas murid. Dengan demikian, fungsi AI tidak diletakkan sebagai intervensi autonomi, tetapi sebagai alat sokongan dalam proses keputusan guru.

Kajian berkaitan pembangunan RPI berbantuan AI oleh Cheng et al. menunjukkan bahawa AI berpotensi mengurangkan beban penyediaan dokumentasi dan membantu guru menghasilkan matlamat pembelajaran yang lebih sistematik. Namun demikian, fokus kajian tersebut masih tertumpu kepada pengurusan dokumen pendidikan individu dan tidak membincangkan reka bentuk bahan didik hibur, kawalan beban kognitif atau strategi meningkatkan motivasi murid ADHD. Perbezaan ini menunjukkan bahawa GEMA-ADHD memperluas skop penggunaan AI daripada fungsi pengurusan kepada reka bentuk pedagogi yang mengintegrasikan teori pembelajaran dengan keupayaan multimodal Gemini. Oleh itu, sumbangan kerangka ini perlu difahami sebagai peluasan konseptual terhadap penyelidikan terdahulu dan bukannya bukti bahawa pendekatan ini lebih berkesan.

Walaupun GEMA-ADHD berkongsi beberapa prinsip dengan UDL, pembelajaran multimedia dan sistem pembelajaran adaptif, sumbangan utamanya terletak pada integrasi ketiga-tiga teori pembelajaran dengan keupayaan multimodal Gemini dalam satu proses reka bentuk pedagogi yang tersusun. Berbeza dengan penyelidikan terdahulu yang lebih menumpukan kepada penggunaan AI atau teknologi secara berasingan, kerangka ini menekankan hubungan antara reka bentuk pedagogi, penjana bahan melalui Gemini, semakan profesional guru dan kitaran maklum balas murid. Sehubungan itu, keberkesanan pendekatan ini dijangka dipengaruhi oleh konteks pelaksanaan.

Perbandingan dengan kajian-kajian terdahulu menunjukkan bahawa kebanyakan kerangka atau model yang berkaitan dengan AI dalam pendidikan lebih menumpukan kepada aspek penggunaan teknologi, keberkesanan intervensi atau penerimaan pengguna terhadap AI. Sebagai contoh, Hwang et al. (2022) menekankan potensi AI dalam menyokong pembelajaran adaptif, manakala Alqahtani et al. (2023) membincangkan peranan GenAI dalam pengajaran terbeza. Agrawal et al. (2023) pula memberi fokus kepada penggunaan AI bagi meningkatkan perhatian murid ADHD melalui pemantauan masa nyata. Walaupun kajian-kajian tersebut menyumbang kepada perkembangan penggunaan AI dalam pendidikan, tiada satu pun mengemukakan kerangka konseptual yang mengintegrasikan keupayaan AI generatif dengan teori UDL, CLT dan SDT secara khusus untuk membimbing reka bentuk bahan didik hibur bagi murid ADHD. Justeru, sumbangan utama GEMA-ADHD bukanlah memperkenalkan teknologi baharu, tetapi mencadangkan satu kerangka pedagogi yang menyusun hubungan antara teori pembelajaran, ciri AI generatif dan keperluan pembelajaran murid ADHD secara lebih sistematik. Oleh yang demikian, memandangkan kerangka ini masih berada pada peringkat konseptual, keberkesanan hubungan yang dicadangkan hanya dapat disahkan melalui penyelidikan empirikal pada masa hadapan. Perbandingan ini menunjukkan bahawa GEMA-ADHD bukan bertujuan menggantikan pendekatan terdahulu, sebaliknya bertindak sebagai kerangka integratif yang menghimpunkan kekuatan pendekatan-pendekatan tersebut dengan keupayaan GenAI.

5.8. Kebolegunaan dalam Konteks Malaysia

Kebanyakan penyelidikan terdahulu berkaitan GenAI, teknologi ADHD, UDL dan intervensi multimedia dilaksanakan di luar Malaysia. Perbezaan bahasa, budaya sekolah, nisbah guru-murid, kemudahan digital dan struktur pendidikan khas menghadkan pemindahan dapatan secara langsung. Sebagai contoh, bahan yang dijana dalam bahasa Inggeris mungkin mempunyai tahap bahasa, gaya interaksi atau contoh budaya yang tidak sesuai untuk murid di Malaysia. Begitu juga, keupayaan sekolah melaksanakan aktiviti digital secara individu mungkin berbeza mengikut lokasi dan sumber. Keperluan menilai GEMA-ADHD dalam konteks Malaysia disokong oleh dapatan Farrokhnia et al. (2024) dan Kasneci et al. (2023) yang menunjukkan bahawa keberkesanan AI pendidikan dipengaruhi oleh literasi AI guru, dasar institusi dan ekosistem digital. Oleh itu, dapatan daripada penyelidikan luar negara tidak boleh dipindahkan secara langsung kepada pendidikan khas Malaysia yang mempunyai DSKP, RPI, kepelbagaian bahasa pengantar serta jurang kemudahan digital antara sekolah. Justeru, kajian melibatkan guru pendidikan khas Malaysia dan murid ADHD daripada pelbagai tahap kefungsi diperlukan bagi menentukan kesesuaian dan kebolegunaan GEMA-ADHD dalam konteks tempatan.

5.9. Sumbangan Baharu Kerangka GEMA-ADHD

Sumbangan utama GEMA-ADHD pada tahap ini ialah sumbangan konseptual dan reka bentuk, bukannya bukti keberkesanan. Pertama, kerangka ini menghubungkan profil pembelajaran murid ADHD dengan tiga pertimbangan pedagogi, iaitu akses, beban kognitif dan motivasi. Kedua, kerangka ini menterjemahkan teori kepada proses reka bentuk yang merangkumi pembinaan prompt, penjana bahan, semakan guru, pelaksanaan dan penggunaan maklum balas murid. Ketiga, kerangka ini menempatkan pengawasan manusia, privasi dan kesesuaian individu sebagai syarat penggunaan AI dalam pendidikan khas. Kerangka ini juga membezakan antara personalisasi yang dicadangkan oleh AI dengan personalisasi yang disahkan oleh guru. Gemini boleh menjana variasi bahan dengan pantas, tetapi hanya guru yang mempunyai pengetahuan langsung tentang murid boleh menentukan sama ada bahan tersebut sesuai. Oleh itu, unsur “adaptif” dalam GEMA-ADHD pada tahap konseptual merujuk kepada proses penyesuaian berulang yang dipandu guru, dan bukannya keupayaan sistem membuat keputusan autonomi tentang murid.

Walaupun GEMA-ADHD menawarkan struktur integratif yang belum dihuraikan secara khusus dalam pendekatan terdahulu, sumbangannya masih perlu dinilai melalui pengesahan pakar, kajian kebolehgunaan bersama guru dan murid, serta kajian empirikal terhadap hasil pembelajaran. Justeru, kerangka ini perlu difahami sebagai hipotesis reka bentuk yang terarah dan boleh diuji. Dari perspektif penyelidikan, GEMA-ADHD menyediakan asas konseptual yang boleh digunakan untuk pembangunan instrumen, modul latihan guru, kajian reka bentuk pembangunan (Design-Based Research) dan kajian eksperimen pada masa hadapan. Oleh itu, sumbangan utama kerangka ini bukanlah membuktikan keberkesanan Gemini, tetapi menyediakan satu model pedagogi konseptual yang menghubungkan prinsip UDL, CLT dan SDT dengan keupayaan multimodal Gemini secara sistematik untuk diuji dan diperhalusi melalui penyelidikan empirikal.

Cheng et al. pula membincangkan penggunaan AI bagi menyokong pembangunan Rancangan Pendidikan Individu (RPI), dengan penekanan terhadap pengurangan beban tugas guru. Walaupun kajian-kajian tersebut memperlihatkan perkembangan penting dalam penggunaan AI pendidikan, fokusnya masih tertumpu kepada fungsi teknologi atau intervensi tertentu. Sebaliknya, GEMA-ADHD menghimpunkan dapatan tersebut ke dalam satu kerangka pedagogi yang menghubungkan ciri multimodal Gemini dengan prinsip UDL, CLT dan SDT serta proses reka bentuk bahan didik hibur untuk murid ADHD. Oleh itu, nilai tambah kerangka ini bukan terletak pada pengenalan teknologi baharu, tetapi pada penyusunan hubungan antara teori pembelajaran, keupayaan AI generatif dan pertimbangan profesional guru dalam satu model konseptual yang boleh dijadikan asas kepada penyelidikan dan pembangunan amalan pada masa hadapan. Meskipun begitu, sumbangan ini masih bersifat konseptual dan memerlukan pengesahan melalui kajian empirikal sebelum boleh disokong sebagai model amalan berasaskan bukti.

5.10. Limitasi Kajian

Kerangka GEMA-ADHD yang dicadangkan dalam kajian ini mempunyai beberapa limitasi yang perlu dipertimbangkan semasa mentafsir sumbangan konseptualnya. Pertama, kerangka ini dibangunkan melalui sintesis literatur tanpa melibatkan pengumpulan data empirikal. Oleh itu, hubungan yang dicadangkan antara keupayaan Gemini, prinsip UDL, CLT dan SDT serta penglibatan murid ADHD masih bersifat konseptual dan belum dapat menjelaskan hubungan sebab dan akibat dalam konteks sebenar bilik darjah. Seperti yang dinyatakan oleh Webster dan Watson (2002), kerangka konseptual yang dibangunkan melalui sintesis literatur berfungsi sebagai asas kepada pembentukan teori, namun memerlukan pengesahan melalui penyelidikan empirikal bagi menilai kesahan dan kebolehgunaannya. Selain itu, kerangka ini belum melalui proses pengesahan kandungan oleh panel pakar yang mempunyai kepakaran dalam bidang pendidikan khas, teknologi pendidikan dan kecerdasan buatan. Pandangan guru pendidikan khas, murid ADHD serta pihak berkepentingan lain juga belum diperoleh bagi menilai kesesuaian, kebolehgunaan dan kefungsi kerangka dalam amalan PdP sebenar. Limitasi ini penting kerana literatur menunjukkan bahawa keberkesanan AI pendidikan dipengaruhi oleh faktor pengguna, organisasi dan konteks pelaksanaan (Kasneci et al., 2023; Farrokhnia et al., 2024). Oleh itu, dapatan konseptual dalam kajian ini tidak boleh digeneralisasikan kepada semua sekolah pendidikan khas tanpa melalui proses pengesahan pakar dan penilaian empirikal yang sistematik.

Di samping itu, kerangka ini dibangunkan berdasarkan dapatan kajian yang kebanyakannya dijalankan di luar Malaysia. Perbezaan dari segi kurikulum, dasar pendidikan, tahap literasi AI guru, kemudahan teknologi serta kepelbagaian konteks pendidikan khas berkemungkinan mempengaruhi kesesuaian pelaksanaan GEMA-ADHD dalam persekitaran tempatan. Oleh itu, kajian lanjutan yang melibatkan pengesahan pakar, penilaian kebolegunaan serta ujian empirikal menggunakan reka bentuk kuantitatif, kualitatif atau kaedah campuran amat diperlukan bagi menentukan kesahan, kebolegunaan dan keberkesanan kerangka ini sebelum dicadangkan sebagai model amalan dalam pendidikan khas di Malaysia.

6. Cadangan Penyelidikan Masa Hadapan

Kerangka GEMA-ADHD yang dikemukakan memerlukan pengesahan empirikal melalui arah penyelidikan berikut:

- i. Kajian eksperimen kawalan rawak atau *Randomized Controlled Trial (RCT)* untuk menilai keberkesanan RPH-PT dan bahan didik hibur yang dijana oleh Gemini berbanding bahan konvensional, mengukur tempoh perhatian, keterlibatan, dan pencapaian murid ADHD di sekolah rendah Malaysia.
- ii. Kajian reka bentuk dan pembangunan (*Design-Based Research*) untuk membangunkan protokol prompt engineering yang mengikut piawai dan dioptimumkan bagi konteks pendidikan khas Malaysia.
- iii. Kajian penilaian kualiti bahan dengan menggunakan panel pakar untuk menilai ketepatan, kesesuaian usia, dan keberkesanan pedagogi bahan yang dijana Gemini untuk murid ADHD merentas pelbagai subjek.
- iv. Kajian keberkesanan GEMS Storybook sebagai instrumen cerita sosial berbanding cerita sosial konvensional dalam mengurangkan tingkah laku mencabar murid ADHD menggunakan reka bentuk kes tunggal (*single case design*) yang sesuai untuk pendidikan khas.
- v. Kajian longitudinal (12–24 bulan) tentang impak penggunaan ekosistem Gemini terhadap pencapaian akademik, kesejahteraan psikologi, dan perkembangan kemahiran sosial murid ADHD.
- vi. Kajian pembangunan model kecekapan AI untuk guru pendidikan khas Malaysia untuk mengenal pasti kompetensi minimum, kandungan latihan, dan kaedah penilaian yang diperlukan.

Agenda penyelidikan ini diharapkan dapat menyediakan bukti empirikal bagi menilai kesesuaian, kebolegunaan dan keberkesanan Kerangka GEMA-ADHD dalam konteks pendidikan khas. Sekiranya disokong oleh dapatan kajian yang konsisten, kerangka ini berpotensi berkembang daripada model konseptual kepada model amalan yang disokong oleh bukti empirikal.

7. Kesimpulan

Kertas konsep ini telah mencadangkan Kerangka GEMA-ADHD sebagai satu panduan konseptual berasaskan teori yang mengintegrasikan Universal Design for Learning (UDL), Teori Beban Kognitif (CLT), Teori Penentuan Kendiri (SDT) dan keupayaan multimodal Gemini bagi menyokong reka bentuk bahan didik hibur untuk murid ADHD. Kerangka ini menghimpunkan prinsip pedagogi, teori pembelajaran dan teknologi AI dalam satu cadangan konseptual yang boleh dijadikan asas kepada penyelidikan empirikal pada masa hadapan. Kerangka tiga lapisan ini yang bermula dengan Asas Pedagogi (UDL 3.0 + CLT + SDT), Enjin Penjanaan Gemini, dan Penglibatan Murid direka untuk beroperasi secara sinergistik dalam kitaran reka bentuk yang dinamik dan responsif. Enam aplikasi praktikal yang telah diuraikan, iaitu RPH Pembelajaran Terbeza, RPI berasaskan intervensi didik hibur, cerita sosial melalui GEMS Storybook, bahan visual dan permainan melalui Canvas, ekosistem bahan PdP melalui NotebookLM serta lagu dan kuiz berasaskan permainan menunjukkan bahawa Gemini berpotensi menjadi alat sokongan yang fleksibel kepada guru pendidikan khas.

Walau bagaimanapun, potensi tersebut masih bersifat konseptual kerana keberkesanan penggunaan Gemini dalam konteks pendidikan khas belum dinilai secara empirikal melalui pelaksanaan di bilik darjah sebenar. Oleh itu, manfaat yang dibincangkan dalam kertas konsep ini perlu ditafsirkan sebagai cadangan berasaskan teori yang memerlukan pengesahan melalui kajian lapangan. Aplikasi ini dapat membantu guru mempelbagaikan bahan, menyesuaikan aktiviti mengikut keperluan murid dan menyediakan pengalaman pembelajaran yang lebih menarik, berstruktur dan

responsif. Namun demikian, potensi Gemini perlu difahami secara berhati-hati. Gemini bukan pengganti kepakaran guru, sebaliknya berfungsi sebagai alat sokongan yang memerlukan semakan, pengubahsuaian dan pertimbangan profesional. Penggunaannya dalam pendidikan khas perlu mengambil kira ketepatan kandungan, kesesuaian pedagogi, etika data dan keperluan individu murid. Seperti yang ditegaskan oleh Shamsudin (2025), teknologi AI yang direka dengan mengambil kira keperluan MBPK berpotensi memperluas akses dan menyokong kepelbagaian pembelajaran. Oleh itu, dengan penyelidikan berterusan, latihan guru yang kontekstual dan dasar yang menyokong,

Secara keseluruhannya, Kerangka GEMA-ADHD menyumbang dari sudut konseptual dengan mencadangkan satu pendekatan yang mengintegrasikan prinsip pedagogi, teori pembelajaran dan keupayaan multimodal Gemini dalam mereka bentuk bahan didik hibur untuk murid ADHD. Oleh yang demikian, sumbangan ini masih berada pada peringkat konseptual dan belum membuktikan keberkesannya terhadap perhatian, motivasi, penglibatan atau pencapaian murid. Oleh itu, kajian empirikal yang melibatkan guru, murid dan panel pakar diperlukan bagi mengesahkan kesesuaian, kebolehgunaan dan keberkesanan kerangka ini dalam konteks pendidikan khas Malaysia. Sekiranya disokong oleh bukti empirikal yang konsisten, GEMA-ADHD berpotensi menjadi salah satu rujukan dalam pembangunan bahan pembelajaran berasaskan AI untuk pendidikan khas. Walaupun Kerangka GEMA-ADHD menunjukkan potensi sebagai panduan konseptual dalam pembangunan bahan didik hibur berasaskan GenAI, keberkesanan hubungan antara setiap komponen dalam kerangka ini masih memerlukan pengesahan sekiranya disahkan melalui penyelidikan empirikal, Kerangka GEMA-ADHD berpotensi menjadi panduan konseptual kepada guru pendidikan khas dalam mereka bentuk bahan didik hibur berasaskan AI yang lebih inklusif, adaptif dan responsif terhadap keperluan murid ADHD.

Perisytiharan (Declarations)

Penghargaan

Tiada.

Kepentingan Persaingan (Competing Interests)

Tiada.

Kelulusan Etika

Kelulusan etika tidak diperlukan kerana kertas konsep ini tidak melibatkan peserta manusia, pengumpulan data peribadi, soal selidik, temu bual, eksperimen atau sebarang bentuk pengumpulan data empirikal. Kertas ini dibangunkan sepenuhnya melalui proses sorotan, analisis dan sintesis literatur serta teori yang berkaitan.

Sumbangan Pengarang

Pengarang 1: Konseptualisasi, sorotan literatur, pembangunan Kerangka GEMA-ADHD, analisis dan sintesis teori serta kajian terdahulu, penyediaan bahan visual, penulisan draf asal, serta semakan dan penambahbaikan manuskrip.

Pengarang 2: Penyeliaan, pengesahan kerangka konseptual, bimbingan dari aspek metodologi dan teori, semakan kritikal, serta penyuntingan dan penambahbaikan manuskrip.

RUJUKAN

Agrawal, S., Bhatt, P., & Sharma, N. (2023). Real-time AI attention monitoring and content adaptation for children with ADHD: A pilot study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1089341. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1089341>

Aishworiya, R., & Kang, Y. Q. (2021). Including children with developmental disabilities in the school setting during the COVID-19 pandemic: A narrative review. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 643040. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.643040>

- Alqahtani, M. F., Bhattarai, B. M., & Huang, Y. (2023). Generative AI in differentiated instruction: A quality assessment study with special education teachers. *Education Sciences*, 13(8), 821. <https://doi.org/10.3390/educsci13080821>
- Armstrong, T. (2023). *The power of neurodiversity: Unleashing the advantages of your differently wired brain (2nd ed.)*. Da Capo Press.
- Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT '21)* (pp. 610–623). <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>
- Boyle, J. R., Rosen, S. M., & Forchelli, G. (2021). Exploring metacognitive strategy use during note-taking for students with learning disabilities. *British Journal of Educational Technology*, 52(4), 1397–1412. <https://doi.org/10.1111/bjet.13093>
- CAST. (2024). *Universal Design for Learning guidelines version 3.0*. <https://udlguidelines.cast.org>
- Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *Journal of Information Technology Education: Research*, 22, 631–663. <https://doi.org/10.28945/5202>
- Chen, O., Castro-Alonso, J. C., Paas, F., & Sweller, J. (2023). The expertise reversal effect and working memory: Instructional implications for cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 35(1), 21. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09737-5>
- Cheng, L., Liu, M., & Xu, X. (2024). AI-assisted individualized education program development: Enhancing goal specificity and reducing teacher workload. *Journal of Special Education Technology*, 39(1), 45–61. <https://doi.org/10.1177/01626434231162145>
- Cortese, S., Coghill, D., Santosh, P., Hollis, C., & Simonoff, E. (2023). Starting ADHD medications in children and adolescents. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 7(6), 388–390. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(23\)00075-5](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(23)00075-5)
- Darejeh, A., & Singh, D. (2021). A review on user interface design principles to increase software usability for users with less computer literacy. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6315–6344. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10537-z>
- Embi, M. A., Nordin, N. M., & Panah, E. (2024). Artificial intelligence in Malaysian education: Policies, practices, and prospects. *Asian Journal of University Education*, 20(1), 102–118. <https://doi.org/10.24191/ajue.v20i1.25681>
- Farrokhnia, M., Banihashem, S. K., Noroozi, O., & Wals, A. (2023). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International*, 61(3), 460–474. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2195846>
- Fitas, R. (2025). Inclusive education with AI: Supporting special needs and tackling language barriers. *AI and Ethics*, 5, 5729–5757. <https://doi.org/10.1007/s43681-025-00824-3>
- González-Pérez, L. I., Ramírez-Montoya, M. S., & García-Peñalvo, F. J. (2021). Self-determination theory and digital learning environments: Motivating students with special needs. *Computers & Education*, 168, 104187. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104187>
- Google DeepMind. (2024). *Gemini 1.5: Unlocking multimodal understanding across millions of tokens of context*. https://storage.googleapis.com/deepmind-media/gemini/gemini_v1_5_report.pdf

- Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum, S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide agenda. *British Journal of Educational Technology*, 53(4), 836–854. <https://doi.org/10.1111/bjet.13177>
- Hoogman, M., van Rooij, D., Klein, M., Boedhoe, P., Ilioska, I., Mennes, M., ... Franke, B. (2022). Consortium neuroscience of attention deficit/hyperactivity disorder and autism spectrum disorder: The ENIGMA adventure. *Human Brain Mapping*, 43(1), 37–55. <https://doi.org/10.1002/hbm.25029>
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2022). Vision, challenges, roles and research issues of AI in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100060>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2022). *Garis panduan pelaksanaan pendidikan inklusif murid berkeperluan khas di Malaysia*.
- Kim, S., Song, K., Lockee, B., & Burton, J. (2022). Gamification in learning and education: Enjoy learning like gaming. *Computers & Education*, 177, 104382. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104382>
- Kuoch, S. L. K., & Mirenda, P. (2024). Social story interventions for young children with autism spectrum disorders: A meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 54(2), 512–528. <https://doi.org/10.1007/s10803-023-05918-x>
- Luo, Y., Zhang, Y., & Chen, W. (2023). Technology-based interventions for ADHD in educational settings: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Attention Disorders*, 27(4), 345–362. <https://doi.org/10.1177/10870547221149768>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Ok, M. W., Rao, K., & Somerville, M. (2023). Universal Design for Learning and technology in special education: A meta-analysis. *Exceptional Children*, 89(4), 427–445. <https://doi.org/10.1177/00144029221128974>
- Ramachandra, V., Martinez, E., & Torres, A. (2022). Musical mnemonic strategies and information retention in children with learning disabilities: A meta-analytic update. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 889124. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.889124>
- Rao, K., Smith, S. J., & Lowrey, K. A. (2022). Personalized versus generic social stories for students with autism spectrum disorder and ADHD: A comparative effectiveness study. *Remedial and Special Education*, 43(5), 310–322. <https://doi.org/10.1177/07419325211036420>
- Salari, N., Ghasemi, H., Abdoli, N., Rahmani, A., Shiri, M. H., Hashemian, A. H., Akbari, H., & Mohammadi, M. (2023). The global prevalence of ADHD in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Italian Journal of Pediatrics*, 49(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s13052-023-01456-1>
- Shamsudin, S. A. (2025). PEKA OKU: Inovasi chatbot AI dalam memperkasakan murid berkeperluan pendidikan khas. *In Bridging ideas to impact: A journey through discovery and innovation*, series 5. Penerbit UTHM. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18277053>

- Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding cognitive load in digital and online learning: A new perspective on extraneous cognitive load. *Computers in Human Behavior*, 130, 107163. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107163>
- Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Imoize, A. L. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x>
- Vansteenkiste, M., Ryan, R. M., & Soenens, B. (2022). Basic psychological need theory: Advancements, critical themes, and future directions. *Motivation and Emotion*, 44(1), 1–31. <https://doi.org/10.1007/s11031-019-09818-1>
- Willcutt, E. G., Nigg, J. T., Pennington, B. F., Solanto, M. V., Rohde, L. A., Tannock, R., Loo, S. K., Carlson, C. L., McBurnett, K., & Lahey, B. B. (2021). Validity of DSM-IV attention deficit/hyperactivity disorder symptom dimensions and subtypes. *Psychological Bulletin*, 138(2), 291–307. <https://doi.org/10.1037/a0026244>
- Wong, K. P., Qin, J., Xie, Y. J., & Zhang, B. (2023). Effectiveness of technology-based interventions for school-age children with attention-deficit/hyperactivity disorder: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *JMIR Mental Health*, 10, e51459. <https://doi.org/10.2196/51459>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2023). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zhang, K., Tlili, A., & Burgos, D. (2024). Addressing the impact of generative AI on education: From the perspective of teachers and students. *Educational Technology & Society*, 27(1), 1–15. [https://doi.org/10.30191/ets.202401_27\(1\).0001](https://doi.org/10.30191/ets.202401_27(1).0001)

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of RISE and/or the editor(s). RISE and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.