

Pembangunan dan Persepsi Kebolehgunaan Pembelajaran Berasaskan Permainan *Giant Mendel: Who Am I?* bagi Standard Kandungan Pewarisan dalam kalangan Pelajar Sains Tingkatan 4

**Rafiqhah Safiah Mohd Shah¹, Wan Mohd Nuzul Hakimi Wan Salleh^{1*},
Nilavathi Balasundram¹, Zainun Mustafa²**

¹Department of Chemistry, Faculty of Science and Mathematics, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia

²Department of Biology, Faculty of Science and Mathematics, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia

*Corresponding author: Wan Mohd Nuzul Hakimi Wan Salleh (wmnhakimi@fsm.upsi.edu.my)

Received: 23 December 2025

Received in revised form: 20 January 2026

Accepted: 24 January 2026

Published: 10 July 2026

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk membangunkan serta menilai persepsi kebolehgunaan permainan *Giant Mendel: Who Am I?* dalam meningkatkan pemahaman pelajar terhadap topik pewarisan bagi mata pelajaran Sains Tingkatan Empat. Permainan ini dibangunkan berdasarkan prinsip pembelajaran dan berpandukan model reka bentuk instruksional ADDIE yang merangkumi lima fasa utama, iaitu analisis, reka bentuk, pembangunan, pelaksanaan dan penilaian. Instrumen kajian terdiri daripada borang kesahan muka dan kandungan yang dinilai oleh dua orang pakar, serta soal selidik persepsi pelajar berasaskan *USE Questionnaire* yang merangkumi empat konstruk utama, iaitu kebergunaan, kemudahan, kemudahpelajaran dan kepuasan. Kajian rintis melibatkan 30 orang pelajar, manakala kajian sebenar melibatkan seramai 120 orang pelajar Tingkatan Empat. Dapatan menunjukkan tahap kesahan muka dan kandungan yang tinggi dengan peratus persetujuan pakar masing-masing sebanyak 96.10% dan 95.00%. Instrumen kajian juga menunjukkan kebolehppercayaan yang baik dengan nilai Cronbach's Alpha sebanyak 0.811. Analisis data mendapati persepsi pelajar terhadap kebergunaan permainan berada pada tahap tinggi (min = 3.45, sisihan piawai = 0.51), manakala kemudahan juga menunjukkan skor yang tinggi (min = 3.45, sisihan piawai = 0.51). Secara keseluruhan, hasil kajian membuktikan bahawa permainan *Giant Mendel: Who Am I?* berpotensi sebagai bahan pembelajaran berasaskan permainan yang efektif dan menyeronokkan dalam menyokong pemahaman pelajar terhadap konsep pewarisan.

Kata kunci: Giant Mendel; Pembelajaran berasaskan permainan; Pewarisan; Genetik; Sains

ABSTRACT

This study aims to develop and evaluate students' perceptions of the usability of the *Giant Mendel: Who Am I?* game in enhancing students' understanding of inheritance in Form Four Science. The game was developed based on learning principles and guided by ADDIE instructional design model, which consists of five main phases: analysis, design, development, implementation, and evaluation. The research instruments included face and content validity evaluation forms assessed by two experts, as well as a student perception questionnaire adapted from the *USE Questionnaire*, covering four main constructs: usefulness, ease of use, ease of learning, and satisfaction. A pilot study involved 30 students, while the actual study sample comprised 120 Form Four students. The results showed high levels of face and content validity, with expert agreement percentages of 96.10% and 95.00%, respectively. The instrument also demonstrated good reliability, with a Cronbach's alpha value of 0.811. Data analysis revealed that students' perceptions of the game's usefulness were high (mean = 3.45, standard deviation = 0.51), while ease of use was also rated at a high level (mean = 3.45, standard deviation = 0.51). Overall, the findings indicate that the *Giant Mendel: Who Am I?* game has strong potential as an effective and enjoyable game-based learning tool to support students' understanding of inheritance concepts.

Keywords: Giant Mendel; game-based learning; inheritance; genetics

Pengenalan

Pendidikan sains memainkan peranan strategik dalam pembangunan modal insan negara, khususnya dalam melahirkan generasi yang berpengetahuan, berfikiran kritis, dan berkeupayaan menyelesaikan masalah secara sistematik. Di Malaysia, penguasaan sains yang mantap bukan sahaja membolehkan pelajar memahami fenomena alam dan perkembangan teknologi, malah menyokong pembentukan kemahiran berfikir aras tinggi yang diperlukan untuk menghadapi cabaran abad ke-21 (Fauzi et al., 2025; Han et al., 2025). Aspirasi ini selari dengan Falsafah Pendidikan Kebangsaan yang menekankan pembangunan insan secara menyeluruh merangkumi aspek intelek, jasmani, emosi dan rohani (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2018).

Namun demikian, pengajaran Sains sering berhadapan dengan cabaran apabila melibatkan konsep yang bersifat abstrak dan memerlukan pemahaman konseptual yang mendalam, seperti topik pewarisan dalam genetik. Pendekatan pengajaran tradisional yang terlalu berpusatkan guru didapati kurang berkesan dalam membantu pelajar membina kefahaman yang bermakna, seterusnya menjejaskan minat serta penglibatan mereka dalam proses pembelajaran. Sehubungan itu, penggunaan bahan bantu mengajar yang inovatif seperti simulasi, model visual dan permainan pendidikan telah dikenal pasti sebagai pendekatan berkesan untuk memudahkan visualisasi konsep abstrak dan meningkatkan motivasi pelajar terhadap pembelajaran Sains (Nazuardi et al., 2023; Ayob dan Salleh, 2024; Iskandar dan Salleh, 2025).

Selaras dengan pelaksanaan Pembelajaran Abad ke-21 (PAK-21), pendekatan pedagogi kini menekankan pembelajaran berpusatkan pelajar melalui penglibatan aktif, kolaborasi, komunikasi, kreativiti dan pemikiran kritis. Kajian terdahulu menunjukkan bahawa pengintegrasian pendekatan PAK-21 dalam pengajaran sains mampu meningkatkan penglibatan pelajar, memperkukuh penguasaan konsep, serta membina keyakinan diri dalam proses pembelajaran (Bakar et al., 2019). Dalam konteks ini, pembelajaran berasaskan permainan (*game-based learning*) muncul sebagai satu pendekatan pedagogi yang berpotensi tinggi kerana mampu menggabungkan elemen keseronokan, cabaran dan pembelajaran bermakna secara serentak (Ruslan dan Salleh, 2023; Osman et al., 2024).

Seiring dengan perkembangan teknologi digital, kajian berkenaan dengan pembelajaran berasaskan permainan sering dikaitkan dengan bahan interaktif digital walaupun masih terdapat perdebatan kesesuaian penggunaannya dalam kalangan murid sekolah (Dempsey et al., 2019). Maka, pembelajaran berasaskan permainan sewajarnya dibincangkan lebih luas dan tidak terhad kepada penggunaan bahan digital malah meluas kepada pelbagai jenis permainan yang beorientasikan instruksi. Contohnya, permainan papan dan kad agak lazim dalam bilik darjah bagi meneroka konsep-konsep saintifik. Keunikan permainan papan dan kad terletak pada pendekatannya yang membolehkan pelajar berinteraksi secara langsung dengan bahan pembelajaran samada secara individu atau berkumpulan. Permainan papan tidak mempunyai elemen visual digital seperti permainan video, namun melalui mekanik permainan, pelajar kinestetik, visual dan auditori dapat berinteraksi serta berkomunikasi secara aktif bagi menggalakkan pendekatan inklusif dalam bilik darjah (Hashim et al., 2023).

Walaupun pelbagai inovasi pembelajaran berasaskan permainan telah dibangunkan, kajian empirikal yang menilai aspek kesahan dan kebolehgunaan permainan pendidikan bagi topik pewarisan masih terhad, khususnya dalam konteks murid sekolah menengah di Malaysia. Kekurangan bukti empirikal ini menimbulkan keperluan untuk membangunkan bahan pembelajaran berasaskan permainan yang bukan sahaja menarik, tetapi juga sah dari segi kandungan dan sesuai dengan tahap kognitif murid (Yusri et al., 2024). Justeru, pembangunan permainan *Giant Mendel: Who Am I?* dilihat sebagai satu inisiatif yang relevan untuk menyokong pengajaran dan pembelajaran topik pewarisan secara lebih interaktif dan berkesan.

Sehubungan itu, kajian ini bertujuan untuk membangunkan permainan *Giant Mendel: Who Am I?* bagi standard kandungan pewarisan dalam mata pelajaran Sains Tingkatan Empat dengan tahap kesahan yang baik, serta menilai persepsi murid Tingkatan Empat terhadap kebolehgunaan permainan tersebut. Secara khusus, kajian ini meneliti sama ada permainan yang dibangunkan memenuhi keperluan kesahan dari segi kandungan dan reka bentuk, di samping mengenal pasti persepsi murid terhadap aspek kebergunaan, kemudahgunaan, kemudahpelajaran dan kepuasan dalam menyokong pemahaman konsep pewarisan.

Sorotan Literatur

Kajian lepas menunjukkan bahawa topik pewarisan dalam mata pelajaran Sains Tingkatan Empat sering dianggap sukar oleh murid kerana melibatkan konsep abstrak seperti genotip, fenotip, alel dominan dan resesif, serta proses persilangan genetik yang memerlukan pemahaman hubungan simbolik dan representasi saintifik yang kompleks (Johari & Mahmud, 2017). Kesukaran ini menyebabkan murid menghadapi cabaran dalam membina kefahaman konseptual yang kukuh, khususnya apabila proses pembelajaran dijalankan secara pasif dan berorientasikan hafalan. Abdullah dan Halim (2018) turut melaporkan bahawa pendekatan pengajaran konvensional yang berpusatkan guru kurang berkesan dalam membantu murid mengaitkan konsep genetik dengan situasi sebenar, sekali gus mengehadkan pemindahan pembelajaran ke konteks baharu.

Sehubungan itu, pelbagai kajian mencadangkan penggunaan pendekatan pembelajaran yang lebih interaktif dan berpusatkan murid bagi meningkatkan kefahaman serta penglibatan murid dalam topik sains yang bersifat abstrak. Pembelajaran berasaskan permainan (*game-based learning*) telah dikenal pasti sebagai salah satu pendekatan pedagogi yang berkesan kerana mengintegrasikan elemen keseronokan, cabaran dan interaksi sosial dalam proses pembelajaran (Plass et al., 2015; Basir dan Salleh, 2024; Din et al., 2025). Kajian oleh Suparlan (2019) mendapati bahawa pembelajaran berasaskan permainan mampu meningkatkan motivasi intrinsik murid serta menggalakkan pembelajaran aktif melalui penglibatan langsung dalam aktiviti pembelajaran.

Dalam konteks pembelajaran genetik, penggunaan permainan pendidikan seperti permainan kad dan permainan papan didapati berkesan dalam membantu murid memvisualkan konsep pewarisan secara lebih konkrit. Trisna et al. (2021) melaporkan bahawa penggunaan permainan kad genetik dapat meningkatkan kefahaman murid terhadap konsep dominan dan resesif melalui aktiviti perbandingan, pengelasan dan perbincangan secara kolaboratif. Dapatan ini menyokong pandangan bahawa penggunaan bahan maujud dan simulasi permainan dapat memudahkan pembinaan pemahaman konseptual yang lebih mendalam melalui pengalaman pembelajaran secara langsung. Melalui aktiviti permainan, murid berpeluang membina pemahaman secara aktif dengan mengaitkan pengetahuan sedia ada kepada pengalaman baharu. Pendekatan ini juga menyokong pembangunan kemahiran PAK-21 seperti pemikiran kritis, komunikasi dan kerja berpasukan, yang merupakan keperluan utama dalam pelaksanaan kurikulum sains semasa (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2017).

Dari perspektif teori pembelajaran, pembelajaran berasaskan permainan adalah selari dengan teori konstruktivisme yang menekankan pembinaan pengetahuan melalui pengalaman, penerokaan dan interaksi sosial. Menurut Vygotsky (1978), pembelajaran berlaku secara optimum melalui berinteraksi murid dengan persekitaran sosial seperti guru dan rakan sebaya dalam Zon Perkembangan Proksimal. Zon ini merujuk kepada jurang antara tahap kebolehan semasa dan tahap kebolehan yang boleh dicapai dengan bantuan atau bimbingan bagi seseorang murid. Dalam konteks pembelajaran berasaskan permainan, elemen seperti kerjasama, perbincangan, maklum balas segera, dan cabaran berperingkat membolehkan pelajar membina pemahaman secara aktif melalui sokongan sosial dan pengalaman bermakna. Malah konsep scaffolding atau sokongan pemeringkatan pembelajaran yang diperkenalkan oleh Vygotsky juga relevan dalam pembelajaran berasaskan permainan. Melalui tahap permainan yang berstruktur, petunjuk, ganjaran, dan maklum balas berperingkat, pelajar dibimbing secara beransur-ansur untuk menguasai kemahiran dan pengetahuan baharu. Pendekatan ini membantu pelajar bergerak dari tahap kefahaman asas kepada tahap pemikiran yang lebih tinggi secara sistematik dan bermakna. Selain teori konstruktivisme, terdapat beberapa teori penting yang sering dikaitkan dengan pembelajaran berasaskan permainan seperti teori berkaitan motivasi, seperti Teori Penentuan Kendiri (Ryan dan Deci, 2000), Teori Efikasi Kendiri Bandura (Rumjaun and Narod, 2025; Richter, et al., 2015) dan Teori Penetapan Matlamat.

Teori Penentuan Kendiri oleh Ryan dan Deci (2000) menyatakan bahawa terdapat tiga keperluan psikologi asas yang dimiliki oleh semua individu dan berusaha untuk dipenuhi, iaitu hubungan sosial (*relatedness*), autonomi, dan kecekapan (*competence*). Keperluan-keperluan ini saling berkait dan dapat meningkatkan motivasi intrinsik, iaitu bertindak secara semula jadi kerana minat dan keseronokan, serta motivasi ekstrinsik, iaitu bertindak kerana ganjaran atau insentif. Oleh itu, Teori Penentuan Kendiri telah digunakan secara meluas dalam konteks dalam pembelajaran berasaskan permainan (Sailer et al., 2017) yang dapat memenuhi sekurang-kurangnya satu daripada tiga keperluan psikologi asas, seperti tahap atau tugas yang berbeza bagi memberikan autonomi terkawal, interaksi sosial, dan penunjuk kemajuan atau pencapaian.

Selain itu, teori yang sering dikaitkan dengan pembelajaran berasaskan permainan ialah Teori Penetapan Matlamat (Landers, 2015). Matlamat yang jelas, spesifik, bermakna dan tidak terlalu sukar dapat meningkatkan prestasi dan penglibatan secara berkesan. Menurut teori ini, terdapat empat faktor yang menghubungkan matlamat dengan prestasi individu: komitmen individu terhadap matlamat, maklum balas yang diterima, tahap kerumitan aktiviti, serta kekangan situasi seperti had masa atau beban peranan (Locke and Latham, 2002). Reka bentuk aplikasi pembelajaran berasaskan permainan berasaskan teori ini memerlukan penunjuk kemajuan, cabaran, tahap pencapaian, maklum balas, dan unsur persaingan yang menggalakkan penaaakulan semasa aktiviti.

Dari sudut pembangunan bahan bantu mengajar, model ADDIE sering digunakan sebagai kerangka reka bentuk instruksional kerana pendekatannya yang sistematik dan fleksibel. Kajian oleh Branch (2009) dan Molenda (2015) menunjukkan bahawa penggunaan model ADDIE dapat membantu menghasilkan bahan pembelajaran yang berkualiti serta selari dengan objektif pembelajaran dan keperluan murid.

Selain itu, aspek kebolehgunaan merupakan elemen penting dalam menilai keberkesanan inovasi pendidikan. Instrumen seperti *USE Questionnaire* telah digunakan secara meluas bagi mengukur kebergunaan, kemudahgunaan, kemudahpelaajaran dan kepuasan pengguna terhadap bahan pembelajaran yang dibangunkan (Lund, 2001).

Secara keseluruhannya, sorotan literatur ini menunjukkan bahawa pembelajaran berasaskan permainan berpotensi besar dalam meningkatkan kefahaman konsep genetik yang bersifat abstrak. Walau bagaimanapun, kajian yang menilai secara empirikal aspek kesahan dan kebolehgunaan permainan pendidikan bagi topik pewarisan dalam konteks murid sekolah menengah di Malaysia masih terhad. Justeru, pembangunan permainan *Giant Mendel: Who Am I?* adalah wajar bagi mengisi jurang kajian tersebut serta menyumbang kepada inovasi pedagogi yang berasaskan bukti empirikal.

Metodologi Kajian

Reka Bentuk Kajian

Kajian ini menggunakan reka bentuk kajian pembangunan (*developmental research*) dengan menerapkan model reka bentuk instruksional ADDIE sebagai kerangka utama dalam membangunkan permainan *Giant Mendel: Who Am I?* (Rajah 1). Model ADDIE merangkumi lima fasa utama, iaitu analisis, reka bentuk, pembangunan, pelaksanaan dan penilaian. Pemilihan model ini adalah bersesuaian dengan objektif kajian kerana strukturnya yang sistematik dan fleksibel, di samping membolehkan proses pembangunan bahan pembelajaran dijalankan secara terancang serta penambahbaikan berterusan berdasarkan maklum balas pengguna. Pendekatan ini memastikan permainan yang dibangunkan selari dengan keperluan kurikulum Sains Tingkatan Empat serta sesuai dengan tahap kognitif murid (Aldoobie, 2015).

Fasa analisis merupakan asas kepada keseluruhan proses pembangunan permainan. Pada peringkat ini, analisis kurikulum dijalankan dengan merujuk kepada Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) Sains Tingkatan Empat bagi mengenal pasti standard kandungan dan standard pembelajaran berkaitan topik pewarisan. Analisis ini menunjukkan bahawa murid perlu menguasai konsep seperti genotip, fenotip, alel dominan dan resesif serta memahami persilangan genetik melalui penggunaan Segiempat Punnett. Selain itu, sorotan literatur mendapati bahawa topik pewarisan sering dianggap sukar oleh murid kerana sifatnya yang abstrak dan melibatkan simbol serta representasi saintifik yang kompleks. Pendekatan pengajaran konvensional yang berpusatkan guru didapati kurang berkesan dalam membantu murid membina kefahaman konseptual yang mendalam. Sebaliknya, pendekatan pembelajaran yang bersifat interaktif dan berpusatkan murid, khususnya pembelajaran berasaskan permainan, dilaporkan mampu meningkatkan penglibatan, motivasi dan kefahaman murid terhadap konsep sains yang abstrak. Dari segi ciri murid pula, murid Tingkatan Empat didapati lebih cenderung kepada aktiviti pembelajaran yang melibatkan interaksi sosial, perbincangan kumpulan dan penggunaan bahan mautud serta visual. Dapatan daripada ketiga-tiga analisis ini menunjukkan keperluan kepada satu pendekatan pembelajaran yang bersifat interaktif, menyeronokkan, kolaboratif dan mampu membantu murid memvisualkan konsep abstrak dengan lebih jelas. Oleh itu, pendekatan pembelajaran berasaskan permainan dipilih kerana ia memenuhi keperluan pedagogi tersebut dan berpotensi menyokong pembelajaran bermakna dalam topik pewarisan.

Fasa Analisis

Fasa analisis berfungsi sebagai asas kepada pembangunan permainan *Giant Mendel: Who Am I?* dengan memberi gambaran menyeluruh tentang keperluan pembelajaran topik pewarisan dalam Sains Tingkatan Empat. Pada peringkat ini, tiga analisis telah dilaksanakan iaitu sorotan literatur, analisis instruksional terhadap dokumen dan analisis ciri murid. Selain itu, sorotan literatur mendapati bahawa topik pewarisan sering dianggap sukar oleh murid kerana sifatnya yang abstrak dan melibatkan simbol serta representasi saintifik yang kompleks. Pendekatan pengajaran konvensional yang berpusatkan guru didapati kurang berkesan dalam membantu murid membina kefahaman konseptual yang mendalam. Sebaliknya, pendekatan pembelajaran yang bersifat interaktif dan berpusatkan murid, khususnya pembelajaran berasaskan permainan, dilaporkan mampu meningkatkan penglibatan, motivasi dan kefahaman murid terhadap konsep sains yang abstrak. Analisis instruksional turut dilaksanakan berdasarkan Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) Sains Tingkatan Empat bagi mengenal pasti standard kandungan dan standard pembelajaran berkaitan topik pewarisan. Analisis ini menunjukkan bahawa murid perlu menguasai konsep seperti genotip, fenotip, alel dominan dan resesif serta memahami persilangan genetik melalui penggunaan Segiempat Punnett. Selain itu, ciri murid dikenal pasti berdasarkan dapatan kajian terdahulu, termasuk kecenderungan terhadap bahan bantu mengajar interaktif dan kesukaran memahami konsep abstrak secara teori. Dapatan analisis ini menjadi asas kepada reka bentuk permainan yang relevan, bermakna, bersifat kolaboratif, menggalakkan penglibatan aktif murid, selari dengan kurikulum dan membantu visualisasi abstrak. Oleh itu, pendekatan pembelajaran berasaskan permainan dipilih kerana ia memenuhi keperluan pedagogi tersebut dan berpotensi menyokong pembelajaran bermakna dalam topik pewarisan.

Fasa Reka Bentuk

Fasa reka bentuk memfokuskan perancangan struktur, mekanisme dan aliran permainan berdasarkan teori konstruktivisme yang menekankan pembelajaran aktif dan pembinaan pengetahuan melalui pengalaman. Objektif pembelajaran dirangka dengan jelas bagi memastikan murid dapat memahami konsep pewarisan melalui interaksi dengan kad watak dan aktiviti permainan. Permainan direka dalam bentuk papan permainan bersaiz besar (*giant board*) yang dilengkapi set kad watak mengandungi ciri genotip dan fenotip yang berbeza. Semua kandungan permainan diselaraskan dengan DSKP bagi memastikan kesahihan konsep. Mekanisme permainan melibatkan aktiviti perbandingan ciri, padanan genotip-fenotip dan simulasi persilangan genetik. Peraturan permainan disusun secara sistematik untuk membolehkan pelaksanaan secara individu atau berkumpulan, manakala elemen visual seperti warna, simbol dan rajah dirancang bagi meningkatkan keterlibatan murid serta memudahkan pemahaman konsep abstrak.

Fasa Pembangunan

Fasa pembangunan melibatkan penghasilan bahan fizikal dan kandungan permainan berdasarkan reka bentuk yang telah dirancang. Pada peringkat ini, papan permainan bersaiz besar, kad watak, kad genotip dan bahan sokongan lain dibangunkan dengan mengambil kira kejelasan visual, ketahanan bahan serta kesesuaian penggunaan dalam bilik darjah. Setiap kad direka dengan memaparkan maklumat genotip dan fenotip yang tepat bagi memastikan kesahihan saintifik dan keselarasan dengan kandungan kurikulum. Manual permainan turut disediakan secara ringkas dan jelas bagi memudahkan pemahaman murid tanpa kebergantungan sepenuhnya kepada penerangan guru. Proses semakan dan penambahbaikan dilaksanakan secara berulang melalui perbincangan dengan guru pakar dan rakan sejawat bagi memastikan permainan bebas daripada kesilapan konsep serta sesuai digunakan oleh murid Tingkatan Empat.

Fasa Pelaksanaan

Fasa pelaksanaan melibatkan penggunaan sebenar permainan *Giant Mendel: Who Am I?* dalam konteks bilik darjah semasa pengajaran dan pembelajaran topik pewarisan. Guru bertindak sebagai fasilitator dengan memberikan penerangan ringkas berkaitan objektif permainan dan peraturan asas sebelum aktiviti dimulakan. Murid dibahagikan kepada beberapa kumpulan kecil bagi menggalakkan interaksi, kolaborasi dan perbincangan sepanjang permainan berlangsung. Sepanjang pelaksanaan, murid terlibat secara aktif dalam mengenal pasti ciri genetik, memadankan genotip dengan fenotip, serta menyelesaikan tugas berkaitan persilangan genetik. Pemerhatian turut dijalankan untuk menilai tahap penglibatan, kefahaman dan respons murid terhadap permainan.

Fasa Penilaian

Fasa penilaian bertujuan menilai kesahan dan kebolehgunaan permainan *Giant Mendel: Who Am I?* sebagai bahan bantu mengajar. Penilaian dijalankan secara formatif dan sumatif. Penilaian formatif dilaksanakan sepanjang proses pembangunan dan pelaksanaan melalui pemerhatian, maklum balas guru serta perbincangan tidak formal dengan murid bagi mengenal pasti kekuatan dan kelemahan permainan. Penilaian sumatif pula dijalankan selepas pelaksanaan menggunakan soal selidik USE Questionnaire bagi mengukur aspek kebergunaan, kemudahgunaan, kemudahpelajaran dan kepuasan murid. Data dianalisis secara statistik deskriptif untuk menilai tahap penerimaan murid serta keberkesanan permainan dalam menyokong pembelajaran topik pewarisan (Chua, 2006).

Rajah 1

Permainan Giant Mendel: Who Am I?



Populasi dan Sampel Kajian

Populasi kajian ini terdiri daripada 120 orang murid Sains Tingkatan Empat dari sebuah sekolah menengah di daerah Hulu Langat, Selangor. Sekolah tersebut dipilih menggunakan teknik persampelan rawak mudah bagi memudahkan proses pengumpulan data serta meminimumkan kekangan logistik. Pemilihan murid Tingkatan Empat adalah bersesuaian kerana mereka mempunyai pendedahan langsung terhadap standard kandungan pewarisan dalam Kurikulum Standard Sekolah Menengah (KSSM). Berdasarkan Jadual Krejcie dan Morgan (1970), saiz sampel minimum bagi populasi ini ialah 117 orang, justeru bilangan responden yang terlibat adalah mencukupi untuk memastikan kebolehpercayaan dapatan kajian.

Instrumen Kajian

Kajian ini menggunakan dua instrumen utama, iaitu borang penilaian kesahan muka dan kandungan serta soal selidik persepsi murid. Borang kesahan muka dan kandungan dinilai oleh dua orang pakar yang berpengalaman mengajar Sains di peringkat sekolah menengah bagi memastikan ketepatan saintifik, kejelasan visual dan kesesuaian pedagogi permainan. Setiap konstruk kesahan merangkumi lapan item penilaian. Instrumen utama kajian ialah soal selidik persepsi murid yang diadaptasi daripada *USE Questionnaire* (Lund, 2001), yang digunakan secara meluas untuk menilai kebergunaan, kemudahgunaan, kemudahpelajaran dan kepuasan pengguna. Soal selidik ini mengandungi 40 item yang dibahagikan kepada empat konstruk utama, dengan setiap konstruk merangkumi 10 item. Semua item diukur menggunakan skala Likert empat mata, iaitu daripada “sangat tidak setuju” hingga “sangat setuju”. Pemilihan skala genap bertujuan mengelakkan kecenderungan responden memilih jawapan neutral dan bagi memperoleh gambaran sikap murid yang lebih jelas dan tepat.

Dapatan Kajian

Kesahan Pakar dan Kebolehpercayaan Instrumen

Sebelum kajian rintis dan kajian lapangan dijalankan, instrumen soal selidik persepsi murid telah melalui proses kesahan muka dan kandungan oleh dua orang pakar pendidikan sains. Jadual 1 menunjukkan bahawa peratus kesahan muka dan kandungan bagi Pakar 1 dan Pakar 2 masing-masing ialah 96.88% dan 95.31%, manakala kesahan soal selidik persepsi mencatatkan nilai 96.25% dan 93.75%. Purata peratus persetujuan pakar bagi kesahan muka dan kandungan adalah 96.10%, manakala kesahan soal selidik persepsi ialah 95.00%, yang berada pada tahap tinggi. Kajian rintis yang melibatkan 30 orang murid Tingkatan Empat menunjukkan nilai kebolehpercayaan keseluruhan instrumen adalah $\alpha = 0.811$ berdasarkan analisis Cronbach's Alpha. Nilai ini menunjukkan tahap konsistensi dalaman yang baik dan mengesahkan bahawa instrumen adalah sesuai digunakan dalam kajian sebenar tanpa pengguguran item.

Jadual 1

Analisis Data bagi Kesahan oleh Dua Pakar

	Kesahan Muka dan Kandungan (%)	Kesahan Soal Selidik Persepsi (%)	Interprestasi
Pakar 1	96.88	96.25	Tinggi
Pakar 2	95.31	93.75	Tinggi
Peratus Persetujuan	96.10	95.00	Tinggi

Persepsi Murid terhadap Kebergunaan Permainan

Berdasarkan Jadual 2, persepsi murid terhadap kebergunaan permainan Giant Mendel: *Who Am I?* berada pada tahap tinggi dengan nilai min keseluruhan $M = 3.45$ dan sisihan piawai $SP = 0.51$. Majoriti murid memberikan respons *setuju* dan *sangat setuju* bagi semua item yang dinilai. Perincian item menunjukkan lebih 90% murid bersetuju bahawa permainan ini membantu menerangkan konsep pewarisan manusia, menggalakkan interaksi rakan sebaya, meningkatkan penglibatan aktif, serta merangsang pemikiran kritis. Item berkaitan penguasaan konsep dominan dan resesif mencatatkan peratus persetujuan *sangat setuju* yang tinggi, manakala item pembelajaran yang lebih menyeronokkan berbanding kaedah tradisional turut menunjukkan tahap penerimaan yang konsisten.

Jadual 2

Persepsi Murid terhadap Kebergunaan Permainan Giant Mendel: Who Am I?

No	Item	Kekerapan dan Peratus (%)			
		STS	TS	S	SS
1.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> memenuhi keperluan saya dalam menerangkan pewarisan dalam manusia.	0(0.0%)	00(0.0%)	74(61.7%)	46(38.3%)
2.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> membantu saya mengulangkaji secara sendiri tanpa kehadiran guru.	0(0.0%)	6(5.0%)	61(50.8%)	53(44.2%)
3.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> menggalakkan berlakunya interaksi secara aktif antara saya dan rakan sekumpulan.	0(0.0%)	0(0.0%)	67(55.8%)	53(44.2%)
4.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> menggalakkan penglibatan aktif saya untuk belajar.	0(0.0%)	0(0.0%)	62(51.7%)	58(48.3%)
5.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> menggalakkan saya untuk berfikir secara kritis bagi menyelesaikan soalan.	0(0.0%)	1(0.8%)	60(50.0%)	59(49.2%)
6.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> memperkukuhkan pemahaman saya terhadap konsep dominan dan resesif.	0(0.0%)	0(0.0%)	56(46.7%)	64(53.3%)
7.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> membantu saya menghubungkan konsep pewarisan dengan kehidupan harian.	0(0.0%)	1(0.8%)	69(57.5%)	50(41.7%)
8.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> membantu saya menguasai topik pewarisan dengan lebih mendalam.	0(0.0%)	1(0.8%)	61(50.8%)	58(48.3%)
9.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> membantu saya membuat ulangkaji secara lebih sistematik dan berkesan.	0(0.0%)	0(0.0%)	68(56.7%)	52(43.3%)
10.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> menjadikan pembelajaran lebih menyeronokkan berbanding kaedah tradisional.	0(0.0%)	0(0.0%)	62(51.7%)	58(48.3%)
Min				3.45	
Sisihan Piawai				0.51	

(STS: Sangat Tidak Setuju; TS: Tidak Setuju; S: Setuju; SS: Sangat Setuju)

Persepsi Murid terhadap Kemudahgunaan Permainan

Seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 3, nilai min keseluruhan bagi kemudahgunaan permainan ialah $M = 3.45$ dengan $SP = 0.51$, menandakan tahap persepsi yang tinggi. Kebanyakan murid menyatakan bahawa permainan ini mudah digunakan, mempunyai arahan yang jelas, susun atur yang sistematik, serta boleh dimainkan tanpa pengawasan berterusan guru. Sebahagian besar responden bersetuju bahawa permainan ini mesra pengguna dan sesuai digunakan secara sendiri atau berkumpulan. Walaupun terdapat sebilangan kecil murid yang memberikan respons kurang bersetuju bagi beberapa item tertentu, peratusannya adalah minimum dan tidak menjejaskan dapatan keseluruhan.

Jadual 3

Persepsi Murid terhadap Kemudahgunaan Permainan Giant Mendel: Who Am I?

No	Item	Kekerapan dan Peratus (%)			
		STS	TS	S	SS
1.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> ini mudah digunakan.	0(0.0%)	0(0.0%)	66(55.0%)	54(45.0%)
2.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> ini mesra pengguna (mudah dibaca)	0(0.0%)	0(0.0%)	61(50.8%)	59(49.2%)
3.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> boleh digunakan dengan baik.	0(0.0%)	0(0.0%)	62(51.7%)	58(48.3%)
4.	Kad permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> mudah dibawa kemana-mana	0(0.0%)	0(0.0%)	65(54.2%)	55(45.8%)
5.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> ini memberikan arahan yang jelas dan mudah difahami.	0(0.0%)	0(0.0%)	55(45.8%)	65(54.2%)
6.	Saya tidak memerlukan bantuan tambahan untuk memahami cara bermain permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	6(5.0%)	71(59.2%)	43(35.8%)
7.	Susun atur permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> menjadikan ia mudah untuk dimainkan.	0(0.0%)	0(0.0%)	68(56.7%)	52(43.3%)
8.	Masa yang diambil untuk memahami permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> adalah singkat dan sesuai.	0(0.0%)	0(0.0%)	64(53.3%)	56(46.7%)
9.	Arahan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> konsisten dan tidak mengelirukan.	0(0.0%)	1(0.8%)	73(60.8%)	46(38.3%)
10.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> boleh dimainkan dengan mudah walaupun tanpa pengawasan guru.	0(0.0%)	4(3.3%)	58(48.3%)	58(48.3%)
Min				3.45	
Sisihan Piawai				0.51	

(STS: Sangat Tidak Setuju; TS: Tidak Setuju; S: Setuju; SS: Sangat Setuju)

Persepsi Murid terhadap Kemudahpelajaran

Berdasarkan Jadual 4, persepsi murid terhadap kemudahpelajaran permainan Giant Mendel: *Who Am I?* berada pada tahap tinggi dengan nilai min $M = 3.47$ dan $SP = 0.50$. Murid melaporkan bahawa mereka dapat mempelajari cara bermain dengan cepat, memahami peraturan tanpa kesukaran, dan mengingat semula mekanisme permainan dengan mudah. Selain itu, majoriti murid bersetuju bahawa permainan ini membantu mereka mengingat fakta penting, memahami konsep pewarisan dengan lebih cepat, serta meningkatkan keyakinan terhadap topik yang dipelajari. Dapatan ini menunjukkan bahawa permainan tersebut menyokong pembelajaran yang intuitif dan efisien.

Jadual 4

Persepsi Murid terhadap Kemudahpelajaran Permainan Giant Mendel: Who Am I?

No	Item	Kekerapan dan Peratus (%)			
		STS	TS	S	SS
1.	Saya belajar menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> dengan cepat.	0(0.0%)	1(0.8%)	68(56.7%)	51(42.5%)
2.	Saya mudah memahami cara menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	66(55.0%)	54(45.0%)
3.	Saya mudah mengingat cara menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	63(52.5%)	57(47.5%)

4.	Saya tidak menghadapi kesukaran semasa menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	60(50.0%)	60(50.0%)
5.	Saya dapat mengingati semula isi Pelajaran selepas bermain permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	54(45.0%)	66(55.0%)
6.	Saya dapat mengenalpasti kesilapan saya semasa bermain permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	60(50.0%)	60(50.0%)
7.	Saya berasa lebih yakin terhadap topik pewarisan selepas menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	1(0.8%)	53(44.2%)	66(55.0%)
8.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> membantu saya mengingati semula fakta penting dengan lebih mudah.	0(0.0%)	0(0.0%)	69(57.5%)	51(42.5%)
9.	Saya boleh belajar secara berulang kali menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	62(51.7%)	58(48.3%)
10.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> membantu saya memahami konsep pewarisan dengan lebih cepat berbanding kaedah lain.	0(0.0%)	0(0.0%)	71(49%)	49(40.8%)
Min				3.47	
Sisihan Piawai				0.50	

(STS: Sangat Tidak Setuju; TS: Tidak Setuju; S: Setuju; SS: Sangat Setuju)

Persepsi Murid terhadap Kepuasan

Aspek kepuasan mencatatkan nilai min tertinggi iaitu $M = 3.51$ dengan $SP = 0.50$ seperti yang dipaparkan dalam Jadual 5. Majoriti murid menyatakan bahawa permainan ini menyeronokkan, menarik, dan memberikan pengalaman pembelajaran yang bermakna. Murid juga menunjukkan tahap persetujuan yang tinggi terhadap item berkaitan keseronokan, minat untuk menggunakan permainan semasa ulang kaji, serta kecenderungan untuk mencadangkan permainan ini kepada rakan-rakan lain. Dapatan ini mencerminkan tahap kepuasan pengguna yang sangat tinggi.

Jadual 5

Persepsi Murid terhadap Kepuasan Permainan Giant Mendel: Who Am I?

No	Item	Kekerapan dan Peratus (%)			
		STS	TS	S	SS
1.	Saya berpuas hati dengan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	67(55.8%)	53(44.2%)
2.	Saya berasa seronok menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	70(58.3%)	50(41.7%)
3.	Saya tidak akan bosan semasa menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	57(47.5%)	63(52.5%)
4.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> berfungsi seperti yang saya mahukan.	0(0.0%)	0(0.0%)	59(49.2%)	61(50.8%)
5.	Saya ingin menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> semasa sesi ulang kaji.	0(0.0%)	0(0.0%)	53(44.2%)	67(55.8%)
6.	Saya ingin melihat lebih banyak permainan seperti permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> untuk topik lain.	0(0.0%)	0(0.0%)	55(45.8%)	65(54.2%)
7.	Saya akan mencadangkan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> ini kepada rakan-rakan yang lain.	0(0.0%)	1(0.8%)	52(43.3%)	67(55.8%)
8.	Saya berasa lebih yakin untuk menjawab soalan peperiksaan selepas menggunakan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	1(0.8%)	61(50.8%)	58(48.3%)
9.	Saya berasa bangga apabila saya berjaya menyelesaikan permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i>	0(0.0%)	0(0.0%)	59(49.2%)	61(50.8%)
10.	Permainan <i>Giant Mendel: Who Am I?</i> memberi pengalaman pembelajaran yang bermakna kepada saya.	0(0.0%)	0(0.0%)	53(44.2%)	67(55.8%)
Min				3.51	
Sisihan Piawai				0.50	

(STS: Sangat Tidak Setuju; TS: Tidak Setuju; S: Setuju; SS: Sangat Setuju)

Analisis Keseluruhan Persepsi Murid

Rumusan keseluruhan persepsi murid ditunjukkan dalam **Jadual 6**, yang memperlihatkan semua aspek yang dinilai kebergunaan, kemudahgunaan, kemudahpelajaran dan kepuasan mencatatkan nilai min melebihi 3.45 dengan sisihan

piawai antara 0.50 hingga 0.51. Purata min keseluruhan ialah $M = 3.47$ ($SP = 0.51$), menunjukkan tahap persetujuan yang konsisten dalam kalangan responden.

Jadual 6

Analisis Keseluruhan Min dan Sisihan Piawai

Aspek	Min (M)	Sisihan Piawai (SP)
Kebergunaan Permainan <i>Giant Mendel: Who am I?</i>	3.45	0.51
Kemudahgunaan Permainan <i>Giant Mendel: Who am I?</i>	3.45	0.51
Kemudahpelajaran Permainan <i>Giant Mendel: Who am I?</i>	3.47	0.50
Kepuasan Permainan <i>Giant Mendel: Who am I?</i>	3.51	0.50
Purata Keseluruhan	3.47	0.51

Perbincangan

Dapatan kajian ini secara konsisten menunjukkan bahawa permainan Giant Mendel: *Who Am I?* diterima dengan sangat baik oleh murid Tingkatan Empat merentasi keempat-empat konstruk yang dinilai, iaitu kebergunaan, kemudahgunaan, kemudahpelajaran dan kepuasan. Tahap kesahan dan kebolehpercayaan instrumen yang tinggi membuktikan bahawa dapatan yang diperoleh adalah stabil, sah dan boleh dipercayai, sekali gus memberikan asas empirikal yang kukuh untuk menilai keberkesanan permainan ini sebagai bahan bantu mengajar.

Dari sudut kebergunaan, persepsi positif murid mencerminkan keupayaan permainan ini dalam membantu mereka memahami konsep pewarisan manusia yang bersifat abstrak dan kompleks. Contohnya, perbandingan dominan dengan resesif, hubungan genetik dan Segiempat Punnett yang bukan sahaja memerlukan keupayaan visualisasi dan penaakulan, malah keupayaan untuk penyelesaian masalah (Cavallo, 1996). Melalui pendekatan permainan yang diterapkan, murid yang terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran. Keadaan ini menyokong teori pembelajaran konstruktivis yang menekankan pembinaan pengetahuan melalui pengalaman, interaksi dan refleksi sendiri melalui kepelbagaian representasi (Anselmo et al., 2025; Cavallo, 1996). Elemen permainan yang menuntut perbincangan, penyelesaian masalah dan interaksi rakan sebaya turut menyumbang kepada pembelajaran bermakna dan pemahaman yang lebih mendalam.

Selain itu, dapatan berkaitan kemudahgunaan menunjukkan bahawa reka bentuk permainan *Giant Mendel: Who Am I?* adalah mesra pengguna dan praktikal untuk dilaksanakan dalam bilik darjah sebenar. Arahan yang jelas, susun atur yang sistematik dan kebolehan permainan dimainkan tanpa pengawasan berterusan guru memberi implikasi penting kepada pengurusan PdP. Maka, guru tidak lagi berperanan sebagai penyampai maklumat semata-mata, sebaliknya bertindak sebagai fasilitator pembelajaran. Hal ini selari dengan pendekatan pedagogi moden yang menekankan alat pembelajaran yang menyeronokkan, selamat, berpusatkan murid serta penggunaan bahan pengajaran yang fleksibel dan mudah diadaptasi mengikut konteks bilik darjah (Blinkoff et al., 2023; Johnston et al., 2023; Ab Rahman & Kasim, 2023).

Aspek kemudahpelajaran pula memperlihatkan bahawa murid dapat mempelajari dan menguasai cara penggunaan permainan dengan cepat tanpa memerlukan latihan yang panjang. Keupayaan murid untuk mengingat peraturan permainan dan mengaplikasikannya secara berulang menunjukkan bahawa permainan ini menyokong pembelajaran yang intuitif dan berperingkat (Parker, et al., 2022). Ini amat signifikan dalam konteks masa PdP yang terhad, di mana bahan pengajaran yang terlalu kompleks boleh menjejaskan kelancaran pembelajaran. Dengan mengurangkan beban kognitif, murid dapat menumpukan perhatian kepada penguasaan konsep pewarisan, sekali gus meningkatkan keberkesanan pembelajaran (Sousa et al., 2023).

Dapatan kajian juga menunjukkan bahawa aspek kepuasan mencatatkan nilai min tertinggi berbanding konstruk lain. Tahap kepuasan yang tinggi ini menunjukkan bahawa elemen keseronokan, cabaran dan interaksi sosial yang diterapkan dalam permainan Giant Mendel: *Who Am I?* berjaya mewujudkan pengalaman pembelajaran yang positif. Kepuasan murid bukan sahaja penting dari sudut emosi, malah memainkan peranan penting dalam meningkatkan motivasi intrinsik dan sikap positif terhadap pembelajaran sains (Blinkoff et al., 2023). Murid yang berasa seronok dan yakin cenderung untuk terlibat secara aktif, berani mencuba, serta lebih terbuka untuk mengulang kaji dan memperkukuh kefahaman mereka (Parker, 2022).

Secara keseluruhannya, perbincangan ini mengukuhkan bahawa permainan Giant Mendel: *Who Am I?* bukan sekadar alat sokongan pengajaran, malah berfungsi sebagai satu inovasi pedagogi yang holistik. Gabungan elemen kognitif, afektif dan sosial dalam permainan ini menyokong keperluan pembelajaran abad ke-21, khususnya dari aspek pemikiran kritis, kolaborasi dan pembelajaran sendiri. Justeru, permainan ini berpotensi besar untuk diintegrasikan secara lebih meluas dalam pengajaran sains, khususnya bagi topik-topik yang memerlukan pemahaman konseptual yang mendalam dan penglibatan aktif pelajar.

Kesimpulan

Kajian ini membangunkan dan menilai kebolehgunaan permainan *Giant Mendel: Who Am I?* bagi topik pewarisan dalam mata pelajaran Sains Tingkatan Empat berasaskan model reka bentuk instruksional ADDIE. Dapatan kajian menunjukkan bahawa permainan ini mempunyai tahap kesahan muka dan kandungan yang tinggi serta instrumen kajian yang boleh dipercayai. Persepsi pelajar terhadap kebergunaan, kemudahgunaan, kemudahpelajaran dan kepuasan berada pada tahap yang tinggi, menunjukkan bahawa permainan ini berkesan dalam membantu pemahaman konsep genetik, menggalakkan penglibatan aktif dan mewujudkan pengalaman pembelajaran yang menyeronokkan. Dapatan kajian ini mengukuhkan penilaian sistematik tentang manfaat pembelajaran berasaskan permainan dalam pendidikan sains. Dari segi implikasi, kajian ini membuktikan bahawa penggunaan permainan pendidikan dapat menyokong pedagogi berpusatkan murid, meningkatkan motivasi dan autonomi pembelajaran, serta membantu guru mempelbagaikan strategi pengajaran selaras dengan keperluan Pembelajaran abad ke-21. Oleh itu, permainan *Giant Mendel: Who Am I?* berpotensi digunakan secara meluas sebagai bahan bantu mengajar alternatif dalam pengajaran sains di sekolah menengah.

Limitasi Kajian dan Cadangan Kajian Masa Hadapan

Walaupun kajian ini memberikan dapatan yang positif terhadap pembangunan dan kebolehgunaan permainan Giant Mendel: *Who Am I?*, beberapa limitasi perlu diambil kira dalam mentafsir dan menggeneralisasikan hasil kajian. Pertama, kajian ini melibatkan sampel murid dari sebuah sekolah menengah sahaja, justeru dapatan yang diperoleh mungkin terhad dari segi kebolehwakilan terhadap populasi murid Tingkatan Empat secara keseluruhan. Perbezaan latar belakang murid, tahap pencapaian akademik, serta persekitaran sekolah berkemungkinan mempengaruhi persepsi terhadap penggunaan permainan ini. Kedua, fokus kajian ini adalah tertumpu kepada penilaian persepsi kebolehgunaan permainan berdasarkan empat konstruk utama, iaitu kebergunaan, kemudahgunaan, kemudahpelajaran dan kepuasan. Walaupun persepsi pelajar merupakan indikator penting dalam menilai penerimaan inovasi pembelajaran, kajian ini tidak menilai secara langsung kesan penggunaan permainan terhadap pencapaian akademik atau peningkatan kefahaman konseptual murid melalui reka bentuk eksperimen atau kuasi-eksperimen. Oleh itu, keberkesanan permainan dari segi impak pembelajaran kuantitatif masih belum dapat ditentukan secara menyeluruh. Selain itu, kajian ini dilaksanakan dalam tempoh yang terhad dan hanya melibatkan satu sesi pelaksanaan permainan. Faktor seperti penggunaan berulang dalam jangka masa panjang, kesan terhadap pengekalan pembelajaran (*retention*), serta keberkesanan permainan dalam pelbagai konteks pengajaran tidak dapat diterokai secara mendalam. Aspek ini berpotensi mempengaruhi keberkesanan sebenar permainan dalam amalan PdP harian.

Berdasarkan limitasi tersebut, beberapa cadangan boleh dikemukakan untuk kajian masa hadapan. Pertama, kajian lanjutan disarankan untuk melibatkan sampel yang lebih besar dan pelbagai dari segi lokasi sekolah, latar belakang murid dan tahap pencapaian akademik bagi meningkatkan kebolehumuman dapatan. Kajian perbandingan antara sekolah bandar dan luar bandar juga boleh memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang kesesuaian permainan ini dalam konteks pendidikan yang berbeza. Kedua, kajian masa hadapan boleh mengintegrasikan reka bentuk eksperimen dengan kumpulan kawalan bagi menilai keberkesanan permainan Giant Mendel: *Who Am I?* terhadap pencapaian akademik, pemahaman konseptual dan kemahiran berfikir aras tinggi murid. Penggunaan ujian pra dan pasca akan membolehkan kesan sebenar permainan terhadap pembelajaran dinilai secara lebih objektif dan empirikal. Selain itu, kajian susulan juga disarankan untuk meneroka perspektif guru terhadap kebolehgunaan dan kebolehlaksanaan permainan ini dalam bilik darjah sebenar. Pandangan guru sebagai pengguna utama bahan bantu mengajar adalah penting untuk menilai kesesuaian permainan dari sudut pengurusan kelas, keselarasan kurikulum dan keberkesanan pedagogi. Memandangkan kajian-kajian semasa sering mengaitkan tentang kepelbagaian teknik pembelajaran, diharapkan kajian masa hadapan boleh memperkukuh sumbangan teori dan praktikal pembelajaran

berasaskan permainan dalam pendidikan sains. Akhir sekali, pembangunan variasi permainan bagi topik genetik lain atau integrasi elemen digital dan teknologi interaktif boleh diterokai bagi memperluas potensi permainan ini sebagai inovasi pembelajaran yang lebih lestari dan relevan dengan keperluan pendidikan abad ke-21.

Konflik Kepentingan

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

Penghargaan

Penulis merakamkan jutaan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penghasilan artikel ini.

Rujukan

- Abdullah, N., & Halim, L. (2018). Pendekatan pengajaran sains berkesan dalam pembelajaran konsep abstrak. *Jurnal Pendidikan Sains Malaysia*, 8(2), 45-56.
- Ab Rahman, N.F.N., & Kasim, M.R. Penerimaan murid terhadap pembelajaran berasaskan permainan dalam pengajaran bahasa melayu di Sekolah Menengah daerah Tumpat, Kelantan. *Perspektif Jurnal Sains Sosial dan Kemanusiaan*, 17(2), 52-61.
- Aldoobie, N. (2015). ADDIE model. *American International Journal of Contemporary Research*, 5(6), 68-72.
- Anselmo, C.T., Opeña, J.L., Delima, P.C. & Balbin, R.P. (2025). Utilization of pusdic board game in increasing level of mastery of grade 8 learners in predicting phenotypic expressions of traits. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, 6(8), 3892-3901. <https://doi.org/10.11594/ijmaber.06.08.13>
- Ayob, N.A., Salleh, & W.M.N.H.W. (2024). Pembangunan dan kebolegunaan alat bantu mengajar *Ionic Wheeler* dalam subtopik Formula Kimia Tingkatan 4. *Jurnal Pendidikan Bitara UPSI*, 17(1), 116-121. <https://doi.org/10.37134/bitara.vol17.1.11.2024>
- Bakar, M.S.A., Yusof, N., & Yusof, N. (2019). Amalan pengajaran abad ke-21 dalam kalangan guru sekolah rendah. *Jurnal Pendidikan Malaysia*, 44(2), 15-23.
- Basir, N.F.N., & Salleh, W.M.N.H.W. (2024). Persepsi Guru Pelatih Sains terhadap Kit Permainan *Matter-Build Thinkers* bagi Topik Jirim Tingkatan 1. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 14(2), 21-27. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.2.2.2024>
- Blinkoff, E., Nesbitt, K.T., Golinkoff, R.M., & Hirsh-Pasek, K. (2023). Investigating the contributions of active, playful learning to student interest and educational outcomes. *Acta Psychologica*, 238, 103983. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2023.103983>
- Branch, R.M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.
- Cavallo, A.M. (1996). Meaningful learning, reasoning ability, and students' understanding and problem solving of topics in genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 625-656. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199608\)33:6<625::AID-TEA3>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6<625::AID-TEA3>3.0.CO;2-Q)
- Chua, Y.P. (2006). *Kaedah dan statistik penyelidikan*. McGraw-Hill.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2017). *Research methods in education*. Routledge.
- Davis, J.P. (2022). Formal rules and rules as reasoning-in-action: playing games with reality in science education. *Cultural Studies of Science Education*, 17, 1081-1088. <https://doi.org/10.1007/s11422-022-10134-3>
- Dempsey, C., Abbott, L.F., & Sawtell, N.B. (2019). Generalization of learned responses in the mormyrid electrosensory lobe. *Elife*, 8, e44032. <https://doi.org/10.7554/eLife.44032>
- Din, S.N.A., Salleh, W.M.N.H.W., & Mustafa, Z. (2025). Pembangunan E-Modul *Oleochemix* bagi topik Kimia Konsumer dan Industri dan kajian persepsi terhadap guru pelatih Kimia. *Jurnal Pendidikan Bitara UPSI*, 18(1), 73-82. <https://doi.org/10.37134/bitara.vol17.1.8.2025>
- Fauzi, S.W.M., Salleh, W.M.N.H.W., & Mustafa, Z. (2025). Pembangunan permainan *Chemschooly* bagi topik Formula dan Persamaan Kimia serta kajian persepsi terhadap pelajar Tingkatan 4. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 15(2), 56-68. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol15.2.5.2025>

- Flores-Camacho, F., Calderón-Canales, E., García-Rivera, B., Gallegos-Cázares, L., & Báez-Islas, A. (2021). Representational trajectories in the understanding of mendelian genetics. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(8), em1988. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10998>
- Han, F.H.S., Salleh, W.M.N.H.W., & Mustafa, Z. (2025). Pembangunan dan persepsi guru pelatih terhadap kebolehgunaan permainan papan berasaskan pembelajaran *Chemhoops* bagi standard kandungan Formula Kimia Tingkatan 4. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 15(2), 78-88. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol15.2.7.2025>
- Hashim, S., Stewart, L., Küssner, M.B., & Omigie, D. (2023). Music listening evokes story-like visual imagery with both idiosyncratic and shared content. *PLoS One*, 18(10), e0293412. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293412>
- Iskandar, N.N.M., & Salleh, W.M.N.H.W. (2025). Pembangunan dan persepsi kebolehgunaan Kit Permainan *Immunology Sircus* bagi standard kandungan Pertahanan Badan Tingkatan 2. *Jurnal Pendidikan Bitara UPSI*, 18(2), 40-50. <https://doi.org/10.37134/bitara.vol18.2.4.2025>
- Johari, N., Mahmud, S.N.D. (2017). Kesukaran pembelajaran genetik dalam kalangan pelajar sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(1), 23-31.
- Johnston, O., Wildy, H., & Shand, J. (2023). Teenagers learn through play too: communicating high expectations through a playful learning approach. *The Australian Educational Researcher*, 50(3), 921-940. <https://doi.org/10.1007/s13384-022-00534-3>
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2017). *Dokumen standard kurikulum dan pentaksiran Sains tingkatan 4*. Bahagian Pembangunan Kurikulum.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2018). *Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013–2025*. KPM.
- Krejcie, R.V., & Morgan, D.W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
- Landers, R.N. (2015). An introduction to game-based assessment: Frameworks for the measurement of knowledge, skills, abilities and other human characteristics using behaviors observed within videogames. *International Journal of Gaming and Computer-Mediation Simulations*, 7(4), 4-8.
- Locke, E.A., & Latham, G.P. (2002). Building a practically useful theory of goal setting and task motivation: A 35-year odyssey. *American Psychologist*, 57, 705-717. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.57.9.705>
- Lund, A.M. (2001). Measuring usability with the USE questionnaire. *Usability Interface*, 8, 3-6.
- Molenda, M. (2015). In search of the elusive ADDIE model. *Performance Improvement*, 54(2), 40-42. <https://doi.org/10.1002/pfi.4930420508>
- Nazuardi, N.H., Salleh, W.M.N.H.W., & Balasundram, N. (2023). Pembangunan dan kajian persepsi guru pelatih terhadap kebolehgunaan permainan *Bio-Mission Ladder Board* bagi topik Meiosis. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 13(2), 112-118. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol13.2.10.2023>
- Osman, N.W., Salleh, W.M.N.H.W., & Taha, H. (2024). Kajian korelasi gaya pembelajaran visual, auditori, dan kinestetik terhadap Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) pelajar dalam topik Respirasi. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 14(1), 29-37. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.1.3.2024>
- Parker, R., Thomsen, B.S., & Berry, A. (2022). Learning through play at school—A framework for policy and practice. *Frontiers in Education*, 7, 751801. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.751801>
- Plass, J.L., Homer, B.D., & Kinzer, C.K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258-283. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Richter, G., Raban, D. R., & Rafaeli, S. (2015). Studying gamification: The effect of rewards and incentives on motivation. In T. Reiners & L. C. Wood (Eds.), *Gamification in education and business* (pp. 21–46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5_2
- Rumjaun, A., & Narod, F. (2025). Social Learning Theory - Albert Bandura. In: Akpan, B., Kennedy, T.J. (eds) *Science Education in Theory and Practice*. Springer Texts in Education. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-81351-1_5
- Ruslan, S.F.N., & Salleh, W.M.N.H.W. (2023). Kajian pembangunan dan persepsi guru pelatih terhadap penggunaan *Chemibonds Card* bagi subtopik Ikatan Ion dan Kovalen Tingkatan 4. *Jurnal Pendidikan Bitara UPSI*, 16(2), 11-15. <https://doi.org/10.37134/bitara.vol16.2.3.2023>
- Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 54-67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>

- Sailer, M., Hense, J.U., Mayr, S.K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371-380. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>
- Sousa, C., Rye, S., Sousa, M., Torres, P. J., Perim, C., Mansuklal, S. A., & Ennami, F. (2023). Playing at the school table: Systematic literature review of board, tabletop, and other analog game-based learning approaches. *Frontiers in Psychology*, 14, 1160591. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1160591>
- Suparlan, S. (2019). Pembelajaran berasaskan permainan dalam pendidikan sains. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 11(2), 55-65.
- Trisna, R., Susanti, R., & Iswari, R.S. (2021). Genetic card games in learning inheritance. *Journal of Biology Education*, 10, 12-20.
- Tuckman, B.W., & Waheed, M.A. (1981). Evaluating an individualized science programme for community college student. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 489-495. <https://doi.org/10.1002/tea.3660180603>
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Yusri, A.A., Zainal, M.Z., & Ismail, I.M. (2024). Game-based learning in Malay Language teaching and learning: A literature review. *International Journal of the Malay World and Civilisation*, 12(1), 15-26. <https://doi.org/10.17576/jatma-2024-1201-02>