

MENEROKA KEPERLUAN ABBM DALAM PENGAJARAN REKA BENTUK ELEKTRONIK RBT TINGKATAN 2 BERDASARKAN PERSPEKTIF GURU: DAPATAN KAJIAN KUALITATIF

EXPLORING THE NEED FOR TEACHING AND LEARNING MATERIALS IN TEACHING FORM 2 RBT ELECTRONIC DESIGN BASED ON TEACHERS' PERSPECTIVES: FINDINGS FROM A QUALITATIVE STUDY

Mohd Samsul Fadli Mohd Sarkawi^{1*}
Siti Nur Kamariah Rubani²
Normah Zakaria³

¹ Fakulti Pendidikan Teknikal dan Vokasional, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia UTHM
(E-mail: samsulsarkawi@gmail.com)

² Fakulti Pendidikan Teknikal dan Vokasional, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia UTHM
(E-mail: kamaria@uthm.edu.my)

³ Fakulti Pendidikan Teknikal dan Vokasional, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia UTHM
(E-mail: norma@uthm.edu.my)

*Corresponding author: samsulsarkawi@gmail.com

Article history

Received date : 29-4-2026

Revised date : 30-4-2026

Accepted date : 10-7-2026

Published date : 12-7-2026

To cite this document:

Mohd Sarkawi, M. S. F., Rubani, S. N. K., & Zakaria, N. (2026). Meneroka keperluan ABBM dalam pengajaran reka bentuk elektronik RBT tingkatan 2 berdasarkan perspektif guru: Dapatan kajian kualitatif. *Journal of Islamic, Social, Economics and Development (JISED)*, 11 (84), 430 – 448.

Abstrak: Kajian ini bertujuan untuk meneroka keperluan Alat Bahan Bantu Mengajar (ABBM) dalam pengajaran tajuk Reka Bentuk Elektronik bagi mata pelajaran Reka Bentuk dan Teknologi (RBT) Tingkatan 2 berdasarkan perspektif guru. Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif berbentuk kajian kes yang melibatkan tiga orang guru RBT yang dipilih melalui pensampelan bertujuan. Data kajian dikumpulkan melalui temu bual separa berstruktur dan dianalisis menggunakan analisis tematik dengan bantuan perisian ATLAS.ti. Dapatan kajian menunjukkan bahawa terdapat beberapa cabaran utama dalam proses pengajaran dan pembelajaran, khususnya dari aspek pemahaman konsep abstrak dalam elektronik seperti fungsi mikropengawal. Murid juga didapati mengalami kesukaran untuk memindahkan pengalaman amali kepada penulisan konsep secara tepat. Selain itu, kit pembelajaran sedia ada didapati kurang jelas, tidak autentik serta tidak mencerminkan situasi dunia sebenar, sekali gus menjejaskan kefahaman murid. Kajian ini turut mendapati bahawa terdapat keperluan yang tinggi terhadap ABBM yang lebih autentik, mesra murid dan berasaskan konteks kehidupan sebenar. Guru juga mencadangkan penggunaan pendekatan pengajaran berfasa serta integrasi teknologi digital seperti simulasi bagi membantu

meningkatkan kefahaman murid terhadap konsep elektronik yang kompleks. Rumusannya, dapatan kajian menunjukkan bahawa ABBM yang direka bentuk secara sistematik, berstruktur dan berasaskan prinsip Teori Beban Kognitif (Cognitive Load Theory, CLT) berpotensi mengurangkan beban kognitif yang tidak diperlukan (*extraneous cognitive load*), mengurus kerumitan kandungan pembelajaran (*intrinsic cognitive load*) serta menyokong pembinaan skema pengetahuan (*germane cognitive load*), sekali gus meningkatkan keberkesanan pengajaran dan pembelajaran Reka Bentuk Elektronik. Kajian ini memberi implikasi penting terhadap pembangunan ABBM yang lebih inovatif, kontekstual dan berpusatkan murid dalam mata pelajaran Reka Bentuk dan Teknologi.

Kata Kunci: Alat Bahan Bantu Mengajar, Reka Bentuk Elektronik, RBT Tingkatan 2, pengajaran berfasa, Teori Beban Kognitif.

Abstract: *This study aimed to explore the need for Teaching and Learning Materials (TLM) in teaching the Electronic Design topic in Form 2 RBT from teachers' perspectives. A qualitative case study approach was employed, involving three RBT teachers selected through purposive sampling. Data were collected through semi-structured interviews and analysed using thematic analysis with the assistance of ATLAS.ti software. The findings revealed several key challenges in the teaching and learning process, particularly in facilitating students' understanding of abstract concepts in electronics, such as the functions of microcontrollers. Students were also found to experience difficulties in translating their hands-on practical experiences into accurate conceptual explanations. In addition, the existing learning kits were found to lack clarity, authenticity, and real-world relevance, which hindered students' understanding. The study further identified a strong need for TLM that is more authentic, student-friendly, and grounded in real-life contexts. Teachers also recommended adopting a phased instructional approach and integrating digital technologies, such as simulations, to enhance students' understanding of complex electronic concepts. Overall, the findings suggest that TLM designed systematically, in a structured manner, and based on the principles of Cognitive Load Theory (CLT) has the potential to reduce extraneous cognitive load, manage the complexity of learning content (intrinsic cognitive load), and support the construction of knowledge schemas (germane cognitive load), thereby enhancing the effectiveness of teaching and learning in Electronic Design. This study provides important implications for the development of more innovative, contextualised, and student-centred TLM for the Form 2 RBT subject.*

Keywords: *Teaching and Learning Materials, Electronic Design, Form 2 RBT, phased instruction, Cognitive Load Theory.*

Pengenalan

Perkembangan pesat teknologi dalam era Revolusi Industri 4.0 dan peralihan ke arah masyarakat digital telah membawa implikasi signifikan terhadap sistem pendidikan, khususnya dalam bidang Pendidikan Teknikal dan Vokasional (TVET). Mata pelajaran Reka Bentuk dan Teknologi (RBT) diperkenalkan di sekolah menengah Malaysia sebagai satu usaha untuk melahirkan murid yang berfikiran kreatif, inovatif serta berkemahiran dalam penyelesaian masalah berasaskan teknologi (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2016). Dalam konteks ini, penguasaan topik Reka Bentuk Elektronik menjadi semakin penting kerana ia melibatkan asas kepada pembangunan sistem automasi, *Internet of Things* (IoT) dan teknologi pintar yang semakin meluas penggunaannya dalam kehidupan seharian (Clark & Mayer, 2023).

Namun begitu, pengajaran dan pembelajaran (PdP) bagi topik Reka Bentuk Elektronik sering berdepan dengan pelbagai cabaran, terutamanya dalam membantu murid memahami konsep abstrak seperti fungsi mikro pengawal, litar elektronik dan logik pengaturcaraan. Kajian oleh Noor dan Saibon (2023) mendapati bahawa pelajar sering mengalami kesukaran dalam menghubungkan aktiviti amali dengan pemahaman teori, sekali gus menjejaskan prestasi mereka dalam penilaian bertulis. Situasi ini menunjukkan bahawa pendekatan PdP yang sedia ada masih belum mampu menyokong pembinaan pemahaman konseptual secara menyeluruh.

Dalam usaha meningkatkan keberkesanan PdP, penggunaan Alat Bahan Bantu Mengajar (ABBM) dilihat sebagai komponen penting dalam memudahkan proses pemahaman konsep yang kompleks. ABBM berfungsi bukan sahaja sebagai alat sokongan pengajaran, malah sebagai medium untuk memvisualisasikan konsep abstrak serta membantu pemindahan pengetahuan daripada pengalaman amali kepada pemahaman teori (Mohamad Suhaimi & Alias, 2022; Jafini et al., 2024). Selaras dengan Teori Beban Kognitif, reka bentuk ABBM yang sistematik dapat mengurangkan beban kognitif yang tidak diperlukan (*extraneous cognitive load*), di samping membantu murid menumpukan perhatian kepada maklumat penting semasa mempelajari konsep elektronik yang kompleks (Sweller, 2020). Namun begitu, kajian tempatan menunjukkan bahawa ABBM yang digunakan di sekolah masih bersifat tradisional, kurang interaktif serta tidak mencerminkan aplikasi dunia sebenar (Idris & Rus, 2023; Arshad et al., 2023). Keadaan ini menyebabkan murid sukar mengaitkan pembelajaran dengan kehidupan harian mereka, sekali gus mengurangkan keberkesanan PdP.

Dari perspektif antarabangsa, pelbagai kajian telah menunjukkan bahawa penggunaan kit pembelajaran elektronik yang interaktif serta integrasi teknologi digital mampu meningkatkan pemahaman konsep pelajar secara signifikan. Sebagai contoh, kajian oleh National Academy of Engineering & National Research Council (2014), mendapati bahawa penggunaan kit elektronik interaktif dapat membantu pelajar memahami fungsi mikro pengawal dengan lebih jelas melalui pengalaman pembelajaran yang autentik. Selain itu, Arshad et al. (2023) serta Idris dan Rus (2023), melaporkan bahawa penggunaan simulasi digital dalam pembelajaran elektronik membolehkan pelajar menghubungkan teori dengan aplikasi sebenar secara lebih berkesan, sekali gus meningkatkan kemahiran penyelesaian masalah. Dapatan ini menunjukkan bahawa pendekatan pembelajaran yang menggabungkan elemen visual, interaktif dan kontekstual adalah kritikal dalam penguasaan konsep elektronik.

Walaupun bagaimanapun, situasi ini berbeza dalam konteks pendidikan di Malaysia. Walaupun kurikulum RBT telah dirangka dengan elemen pembelajaran berasaskan projek dan amali,

pelaksanaannya masih berdepan dengan pelbagai kekangan seperti keterbatasan sumber, reka bentuk kit yang kurang autentik serta tahap kesediaan guru yang tidak sekata (Zamuri et al., 2025). Tambahan pula, kit pembelajaran sedia ada didapati kurang mesra murid, terlalu kompleks atau tidak relevan dengan pengalaman harian pelajar, yang akhirnya menyukarkan proses pemahaman konsep (Jafini et al., 2024). Keadaan ini mewujudkan jurang yang ketara antara potensi pendekatan PdP berasaskan teknologi dengan realiti pelaksanaannya di bilik darjah.

Seiring dengan itu, isu berkaitan ketidakupayaan murid untuk memindahkan pengalaman amali kepada penulisan juga menunjukkan bahawa pendekatan PdP yang digunakan masih belum berjaya mengintegrasikan aspek kognitif dan praktikal secara efektif. Hal ini menuntut satu pendekatan yang lebih sistematik dan berstruktur, termasuk penggunaan ABBM yang direka bentuk secara pedagogi, autentik dan berpusatkan murid. Reka bentuk ABBM yang mengambil kira prinsip Teori Beban Kognitif dijangka dapat membantu mengurus kerumitan kandungan pembelajaran serta mengurangkan beban kognitif yang tidak berkaitan semasa proses pengajaran dan pembelajaran (Sweller et al., 2019). Tambahan pula, integrasi alat digital seperti simulasi dan perisian reka bentuk elektronik masih belum dimanfaatkan sepenuhnya walaupun terbukti berpotensi dalam meningkatkan kefahaman pelajar (Clark & Mayer et al., 2023).

Berdasarkan perbincangan yang diutarakan oleh pengkaji-pengkaji sebelum ini, terdapat jurang kajian yang jelas berkaitan keperluan ABBM khususnya bagi topik Reka Bentuk Elektronik dalam konteks RBT Tingkatan 2. Kebanyakan kajian terdahulu lebih menumpukan kepada keberkesanan penggunaan teknologi secara umum tanpa meneliti secara mendalam aspek reka bentuk ABBM dari sudut kesesuaian pedagogi, konteks pembelajaran serta keperluan sebenar guru dan murid. Selain itu, kajian yang memberi tumpuan kepada perspektif guru sebagai pelaksana utama PdP dalam mengenal pasti keperluan ABBM masih terhad. Justeru, kajian ini dijalankan untuk meneroka secara mendalam keperluan ABBM dalam pengajaran tajuk Reka Bentuk Elektronik RBT Tingkatan 2 berdasarkan perspektif guru. Secara khususnya, kajian ini bertujuan untuk:

- i. Menenal pasti keperluan ABBM dalam pengajaran,
- ii. Meneroka ciri-ciri ABBM yang sesuai untuk menyokong PdP, dan
- iii. Menganalisis cabaran yang dihadapi oleh guru dalam penggunaan ABBM.

Kepentingan usaha mencari solusi ini adalah untuk memastikan dapatan kajian dapat menyumbang kepada pembangunan ABBM yang lebih inovatif, autentik dan berpusatkan murid, serta dibangunkan berdasarkan prinsip Teori Beban Kognitif bagi mengurangkan beban kognitif yang tidak diperlukan, meningkatkan pemahaman konsep dan menyokong pembinaan pengetahuan secara lebih sistematik, seterusnya meningkatkan keberkesanan pengajaran dan pembelajaran dalam mata pelajaran RBT

Ulasan Karya

Peranan ABBM dalam Meningkatkan Kefahaman Konsep

Alat Bahan Bantu Mengajar (ABBM) merujuk kepada sebarang bahan, peralatan, media atau sumber yang digunakan oleh guru untuk menyokong proses pengajaran dan pembelajaran bagi meningkatkan kefahaman murid terhadap sesuatu konsep (Mohamad Suhaimi & Alias, 2022; Jafini et al., 2024). Dalam konteks pendidikan teknikal seperti RBT, ABBM memainkan peranan yang lebih signifikan kerana ia membantu menjembatani jurang antara teori dan amali

melalui pengalaman pembelajaran yang bersifat *hands-on* dan visual. ABBM yang efektif bukan sahaja berfungsi sebagai alat demonstrasi, malah bertindak sebagai medium untuk merangsang pemikiran kritis, meningkatkan penglibatan murid serta memudahkan pemindahan pengetahuan (Idris & Rus, 2023; Arshad et al., 2023). Oleh itu, reka bentuk ABBM perlu mengambil kira aspek kebolegunaan, kesesuaian tahap murid serta keupayaan untuk menggambarkan aplikasi dunia sebenar.

Penggunaan ABBM dalam pendidikan teknikal dan STEM telah lama diiktiraf sebagai faktor penting dalam meningkatkan kefahaman konsep pelajar. Kajian oleh Jafini et al. (2024) menunjukkan bahawa ABBM yang bersifat visual dan interaktif mampu membantu pelajar memahami konsep abstrak dengan lebih jelas. Ini kerana ABBM berfungsi sebagai medium perantara antara teori dan aplikasi praktikal, terutamanya dalam topik yang melibatkan sistem dan proses yang kompleks.

Walau bagaimanapun, beberapa kajian terkini menunjukkan bahawa keberkesanan ABBM sangat bergantung kepada reka bentuk dan kesesuaian penggunaannya dalam PdP. Sebagai contoh, Arshad et al. (2023) mendapati bahawa ABBM yang tidak direka secara pedagogi cenderung gagal menyokong pemahaman mendalam, sebaliknya hanya mendorong pembelajaran bersifat prosedural. Dapatan ini menunjukkan bahawa penggunaan ABBM tanpa perancangan pedagogi yang jelas boleh menjejaskan keberkesanan pembelajaran.

Sehubungan itu, terdapat keperluan untuk memastikan ABBM bukan sahaja menarik dari segi visual, tetapi juga menyokong pembinaan pengetahuan secara konseptual dan bermakna.

Pembelajaran Elektronik dan Cabaran Pemahaman Konsep

Reka Bentuk Elektronik dalam mata pelajaran RBT merangkumi pengetahuan dan kemahiran berkaitan litar elektronik, komponen asas, serta penggunaan mikro pengawal dalam pembangunan sistem automasi mudah (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2016). Pembelajaran dalam topik ini menuntut murid untuk memahami hubungan antara konsep teori dan aplikasi praktikal. Namun begitu, sifat abstrak bagi konsep elektronik seperti logik kawalan, input-output sistem dan pengaturcaraan menjadikan topik ini mencabar untuk difahami oleh murid (Noor & Saibon, 2023). Oleh itu, pendekatan PdP yang berkesan perlu menekankan elemen visualisasi, simulasi serta pengalaman autentik bagi membantu murid membina pemahaman yang bermakna. Selain itu, pembelajaran Reka Bentuk Elektronik juga berkait rapat dengan pendekatan pembelajaran berasaskan projek (*Project-Based Learning*) yang menekankan penyelesaian masalah dunia sebenar. Namun, keberkesanan pendekatan ini sangat bergantung kepada kualiti ABBM yang digunakan serta keupayaan guru dalam merancang PdP secara sistematik.

Dalam konteks pembelajaran elektronik, kajian menunjukkan bahawa pelajar sering menghadapi kesukaran dalam memahami konsep yang melibatkan sistem kawalan, logik pengaturcaraan dan fungsi komponen seperti mikro pengawal. Kajian oleh Noor dan Saibon (2023) mendapati bahawa pelajar cenderung menghafal prosedur tanpa memahami prinsip asas yang mendasari sesuatu sistem elektronik.

Selain itu, Jafini et al. (2024) melaporkan bahawa terdapat jurang yang ketara antara keupayaan pelajar melaksanakan aktiviti amali dengan keupayaan mereka menjelaskan konsep secara

bertulis. Fenomena ini menunjukkan bahawa pembelajaran yang berlaku lebih bersifat mekanikal berbanding konseptual.

Dapatan ini disokong oleh kajian antarabangsa yang menunjukkan bahawa pelajar dalam bidang STEM sering mengalami "*fragmented understanding*" apabila pembelajaran tidak disokong oleh visualisasi dan penjelasan konsep yang sistematik (Idris & Rus, 2023). Oleh itu, pendekatan PdP yang mengintegrasikan ABBM yang sesuai adalah penting bagi mengatasi cabaran ini.

Kepentingan Kit Pembelajaran Autentik dan Kontekstual

Kajian terdahulu menekankan kepentingan penggunaan kit pembelajaran yang autentik dan berkaitan dengan kehidupan sebenar pelajar. National Academy of Engineering & National Research Council (2014) mendapati bahawa kit pembelajaran yang menyerupai aplikasi dunia sebenar dapat meningkatkan minat, motivasi dan kefahaman pelajar terhadap konsep elektronik. Sebaliknya, kit yang terlalu abstrak atau tidak relevan dengan pengalaman pelajar boleh mengurangkan keberkesanan pembelajaran. Zamuri et al. (2025) menegaskan bahawa konteks pembelajaran yang tidak dekat dengan kehidupan harian pelajar menyebabkan mereka sukar membina hubungan antara konsep yang dipelajari dengan aplikasi sebenar.

Dalam konteks tempatan, kajian oleh Idris dan Rus (2023) menunjukkan bahawa kit pembelajaran yang digunakan di sekolah sering kali tidak mencerminkan situasi sebenar, sekali gus menjejaskan keupayaan pelajar untuk memahami fungsi dan kepentingan sesuatu sistem elektronik. Hal ini menunjukkan keperluan untuk mereka bentuk ABBM yang lebih autentik dan kontekstual.

Integrasi Teknologi Digital dalam PdP Elektronik

Perkembangan teknologi digital telah membuka peluang baharu dalam meningkatkan keberkesanan PdP, khususnya melalui penggunaan simulasi dan perisian interaktif. Kajian oleh Clark dan Mayer (2023) menunjukkan bahawa penggunaan alat simulasi digital dapat membantu pelajar memvisualisasikan konsep elektronik yang kompleks, sekali gus meningkatkan kefahaman mereka.

Kajian antarabangsa turut menyokong dapatan ini, di mana penggunaan platform simulasi didapati dapat meningkatkan keupayaan pelajar untuk menguji dan memahami sistem elektronik secara lebih fleksibel (Arshad et al., 2023). Walau bagaimanapun, keberkesanan penggunaan teknologi ini bergantung kepada tahap integrasi dalam PdP serta kesediaan guru untuk menggunakannya.

Dalam konteks Malaysia, Zamuri et al. (2025) mendapati bahawa penggunaan teknologi digital dalam bilik darjah masih berada pada tahap sederhana, dengan cabaran utama melibatkan kekangan masa, kemahiran guru dan akses kepada sumber. Oleh itu, integrasi teknologi perlu disokong dengan latihan dan reka bentuk pedagogi yang sesuai.

Pendekatan Pedagogi Berstruktur dan Berfasa

Pendekatan pedagogi yang berstruktur dan berfasa telah dikenal pasti sebagai faktor penting dalam membantu pelajar memahami konsep yang kompleks. Jafini et al. (2024) menyatakan bahawa pembelajaran yang bermula daripada konsep asas sebelum beralih kepada konsep yang

lebih kompleks dapat membantu pelajar membina pengetahuan secara sistematik. Pendekatan ini juga selari dengan prinsip konstruktivisme yang menekankan pembinaan pengetahuan secara berperingkat. Kajian oleh Clark dan Mayer (2023) menunjukkan bahawa pembelajaran berfasa yang disokong dengan ABBM yang sesuai dapat meningkatkan pemahaman pelajar serta mengurangkan kekeliruan konsep.

Namun, kajian terdahulu menunjukkan bahawa pendekatan ini masih belum diamalkan secara konsisten dalam PdP RBT, terutamanya dalam topik yang melibatkan penggunaan mikro pengawal. Hal ini menunjukkan keperluan untuk mengintegrasikan pendekatan pedagogi yang lebih sistematik dalam reka bentuk ABBM.

Teori Beban Kognitif dalam Reka Bentuk ABBM

Kajian ini berlandaskan Teori Beban Kognitif yang diperkenalkan oleh Sweller. Teori ini menjelaskan bahawa pembelajaran yang berkesan bergantung pada keupayaan memori kerja untuk memproses maklumat baharu, sedangkan kapasiti memori kerja adalah terhad. Oleh itu, reka bentuk pengajaran dan Alat Bahan Bantu Mengajar (ABBM) perlu dibangunkan secara sistematik bagi mengelakkan beban kognitif yang berlebihan, khususnya ketika murid mempelajari konsep yang kompleks seperti mikropengawal, litar elektronik dan logik pengaturcaraan (Sweller, 2020; Sweller et al., 2019).

Menurut Teori Beban Kognitif, pembelajaran dipengaruhi oleh tiga jenis beban kognitif, iaitu beban intrinsik (*intrinsic cognitive load*), beban ekstrinsik (*extraneous cognitive load*) dan beban germane (*germane cognitive load*). Beban intrinsik merujuk kepada tahap kerumitan semula jadi sesuatu kandungan pembelajaran. Dalam konteks Reka Bentuk Elektronik, konsep seperti sambungan litar, fungsi komponen elektronik dan pengaturcaraan mikropengawal mempunyai tahap kerumitan yang tinggi, sekali gus memerlukan penyampaian secara berperingkat dan tersusun. Beban ekstrinsik pula berpunca daripada penyampaian maklumat yang kurang efektif seperti penggunaan ABBM yang mengelirukan, arahan yang tidak jelas atau persembahan visual yang tidak sistematik. Sementara itu, beban germane merujuk kepada usaha mental yang menyokong pembentukan skema pengetahuan dan pemahaman konseptual yang lebih mendalam (Sweller et al., 2019; Sweller, 2020).

Berdasarkan teori ini, pembangunan ABBM yang sistematik berupaya mengurangkan beban ekstrinsik melalui penyampaian maklumat yang lebih jelas, tersusun dan mudah difahami. Penggunaan kit pembelajaran yang autentik, visualisasi komponen elektronik, simulasi digital serta aktiviti pembelajaran berfasa membolehkan murid menumpukan perhatian kepada maklumat yang penting tanpa dibebani oleh elemen yang tidak berkaitan. Pada masa yang sama, pendekatan ini membantu meningkatkan beban germane dengan menggalakkan pembinaan skema pengetahuan serta menghubungkan pengalaman amali dengan pemahaman konsep secara lebih bermakna (Sweller, 2020; Mayer, 2021).

Dalam konteks kajian ini, Teori Beban Kognitif menjadi asas kepada pembangunan ABBM yang lebih mesra murid, kontekstual dan berstruktur bagi topik Reka Bentuk Elektronik RBT Tingkatan 2. Reka bentuk ABBM yang mengambil kira prinsip pengurusan beban kognitif dijangka dapat membantu murid memahami konsep elektronik yang abstrak dengan lebih mudah, meningkatkan penglibatan mereka dalam aktiviti pembelajaran, serta menyokong keberkesanan pengajaran dan pembelajaran secara keseluruhannya.

Sintesis dan Jurang Kajian

Secara keseluruhannya, analisis kajian lepas menunjukkan bahawa walaupun ABBM diakui berperanan penting dalam meningkatkan kefahaman konsep, motivasi serta penglibatan murid dalam pembelajaran Reka Bentuk Elektronik, masih terdapat beberapa jurang yang signifikan. Antaranya ialah kekurangan ABBM yang direka bentuk berdasarkan prinsip Teori Beban Kognitif, khususnya dalam mengurus beban intrinsik kandungan, mengurangkan beban ekstrinsik yang tidak diperlukan serta menyokong pembentukan beban germane semasa proses pembelajaran (Sweller, 2020; Sweller et al., 2019). Di samping itu, kajian-kajian terdahulu masih kurang memberi penekanan terhadap reka bentuk ABBM yang autentik, kontekstual dan berstruktur bagi membantu murid memahami konsep elektronik yang bersifat abstrak dan kompleks.

Selain itu, wujud ketidakseimbangan antara pemahaman teori dan pelaksanaan amali yang menyebabkan murid sukar memindahkan pengalaman amali kepada pemahaman konseptual. Keadaan ini menunjukkan bahawa reka bentuk ABBM sedia ada masih belum dapat mengurangkan beban kognitif yang tidak berkaitan (*extraneous cognitive load*) serta belum dapat membantu murid membina skema pengetahuan secara sistematik melalui pengalaman pembelajaran yang bermakna (Mayer, 2023; Sweller et al., 2019).

Walaupun beberapa kajian telah melaporkan bahawa penggunaan kit pembelajaran autentik, visualisasi dan teknologi simulasi mampu meningkatkan kefahaman konsep, kebanyakan kajian lebih menumpukan kepada keberkesanan penggunaan teknologi secara umum berbanding meneliti bagaimana ABBM boleh direka bentuk berdasarkan prinsip Teori Beban Kognitif. Tambahan pula, kajian yang meneroka keperluan ABBM daripada perspektif guru sebagai pengguna utama dalam bilik darjah masih terhad, khususnya dalam konteks pengajaran Reka Bentuk Elektronik RBT Tingkatan 2.

Sehubungan itu, kajian ini dijalankan bagi mengisi jurang tersebut melalui penerokaan keperluan pembangunan ABBM yang lebih sistematik, berstruktur, autentik dan berasaskan prinsip Teori Beban Kognitif bagi menyokong pembelajaran konsep elektronik secara lebih berkesan. Dapatan kajian ini diharapkan dapat menjadi asas kepada pembangunan ABBM yang berupaya mengurangkan beban kognitif yang tidak diperlukan, meningkatkan pembentukan skema pengetahuan serta menyokong keberkesanan pengajaran dan pembelajaran Reka Bentuk Elektronik. Jadual 1 memberikan gambaran ringkas berkaitan sintesis dan jurang kajian berdasarkan analisis kajian-kajian lepas.

Jadual 1: Analisis Bibliometrik Kajian-Kajian Lepas

Tema Kajian	Penulis & Tahun	Fokus Kajian	Dapatan Utama	Jurang Kajian
Peranan ABBM dalam Kefahaman Konsep	Mohamad Suhaيمي & Alias (2022)	Penggunaan bahan bantu mengajar berbentuk visual, auditori dan kinestetik dalam proses pengajaran	Bahan bantu mengajar yang sesuai dapat menarik minat murid dan membantu guru menyampaikan isi pelajaran dengan lebih berkesan	Kajian masih kurang memberi tumpuan kepada reka bentuk ABBM khusus bagi topik Reka Bentuk Elektronik dalam mata pelajaran RBT
	Mayer (2020)	Pembelajaran multimedia dan penggunaan bahan	Bahan pembelajaran yang direka dengan prinsip multimedia dapat	Prinsip multimedia masih kurang diaplikasikan secara khusus dalam

		visual pengajaran	dalam	membantu memahami dengan lebih tersusun	murid maklumat	pembangunan ABBM bagi topik elektronik di sekolah menengah
	Noor & Saibon (2023)	Penggunaan papan mikropengawal sebagai bahan bantu mengajar dalam PdP RBT		Mikropengawal berpotensi digunakan sebagai BBM dalam pengajaran RBT, namun keberkesanannya bergantung kepada kesediaan guru dan kesesuaian bahan pengajaran		Masih terdapat keperluan untuk membangunkan ABBM yang lebih mesra guru dan murid bagi membantu pengajaran mikropengawal
	Idris & Rus (2023)	Analisis keperluan pembangunan bahan pembelajaran bagi topik Reka Bentuk Elektronik		Guru memerlukan bahan pembelajaran yang lebih berstruktur, sesuai dengan kandungan RBT dan dapat menyokong kefahaman murid		Kajian pembangunar ABBM elektronik masih perlu diperluas dari aspek reka bentuk, kesesuaian kandungan dan kebolegunaan dalam bilik darjah
Cabaran Pembelajaran Elektronik	Jafini et al. (2024)	Analisis keperluan modul elektronik berasaskan simulasi 2D dan realiti terimbu		Pembelajaran Reka Bentuk Elektronik memerlukan sokongan visualisasi dan simulasi untuk membantu murid memahami konsep abstrak		Kurang pembangunar ABBM yang menggabungkan visualisasi, simulasi dan konteks pembelajaran RBT secara menyeluruh
	Arshad et al. (2023)	Analisis keperluan pembangunan aplikasi realiti terimbu bagi topik Reka Bentuk Elektronik sekolah menengah		Terdapat keperluan yang tinggi terhadap aplikasi sokongan pembelajaran berasaskan AR bagi membantu murid memahami topik Reka Bentuk Elektronik		Kajian masih perlu meneliti bagaimana aplikasi AR dapat digabungkan dengan ABBM fizikal yang autentik dan dekat dengan kehidupan murid
Kit Pembelajaran Autentik dan Kontekstual Kit Pembelajaran Autentik dan Kontekstual	Zamuri et al. (2025)	Keberkesanan modul realiti terimbu dalam pembelajaran komponen mekanikal RBT Tingkatan 2		Penggunaan modul AR dapat meningkatkan pencapaian dan minat murid dalam pembelajaran RBT		Kajian tersebut tertumpu kepada komoner mekanikal, maka kajian lanjut diperlukan bagi topik Reka Bentuk Elektronik
	Jafini et al. (2024)	Keperluan modul elektronik hadapan konteks menengah	modul masa dalam sekolah	Modul elektronik yang melibatkan simulasi dan visualisasi berpotensi meningkatkan kefahaman murid terhadap kandungan elektronik		Masih kurang kajian yang meneliti reka bentuk ABBM elektronik yang autentik, kontekstual dan berpusatkan murid
	Clark & Mayer (2023)	Reka bentuk pembelajaran digital dan e-pembelajaran berasaskan prinsip pembelajaran multimedia		Bahan digital yang direka secara sistematik dapat membantu penyampaian maklumat melalui gabungan teks, grafik, audio dan interaktiviti		Integrasi prinsip e- pembelajaran masih perlu disediakan dengan pembangunan ABBM fizikal dan digital dalam PdP RBT
Integrasi Teknologi Digital	Arshad et al. (2023)	Pembangunan aplikasi AR bagi membantu pembelajaran Reka Bentuk Elektronik		Aplikasi digital seperti AR berpotensi menjadi bahan sokongan bagi topik elektronik yang memerlukan visualisasi tinggi		Masih kurang kajian yang menguji penggunaar aplikasi AR bersama ki pembelajaran sebenar dalam bilik darjah

Pendekatan Pedagogi Berstruktur	Zamuri et al. (2025)	Penggunaan teknologi AR dalam mata pelajaran RBT	Teknologi AR dapat meningkatkan minat dan pencapaian murid dalam pembelajaran RBT	Kekangan dari aspek kemahiran guru, kemudahan teknologi dan kesesuaian kandungar masih perlu diberi perhatian
	Mayer (2020)	Prinsip pembelajaran multimedia dalam penyampaian maklumat secara berstruktur	Penyusunan maklumat secara visual, ringkas dan berperingkat dapat membantu murid memproses maklumat dengan lebih berkesan	Prinsip penyampaian berfasa masih kurang diterjemahkan dalam reka bentuk ABBM khusus bagi topik mikropengawal dan litar elektronik
	Clark & Mayer (2023)	Garis panduan reka bentuk bahan pembelajaran digital dan interaktif	Pembelajaran yang dirancang dengan susunan kandungan yang jelas dapat mengurangkan kekeliruan murid	Masih tiada model ABBM berfasa yang standard bagi pengajaran Reka Bentuk Elektronik RBT Tingkatan 2
Teori Beban Kognitif	Sweller (2020)	Pengurusan beban kognitif dalam reka bentuk pengajaran dan teknologi pendidikan	Reka bentuk pengajaran perlu mengurus beban intrinsik, mengurangkan beban ekstrinsik dan menyokong pembentukan pembelajaran bermakna	Kurang aplikasi prinsip Teori Beban Kognitif dalam pembangun ABBM bagi topik Reka Bentuk Elektronik sekolah menengah
	Sweller, van Merriënboer, dan Paas (2019)	Hubungan antara seni bina kognitif, memori kerja dan reka bentuk pengajaran	Pembelajaran perlu direka berdasarkan kapasiti memori kerja agar murid dapat membina skema pengetahuan dengan lebih berkesan	Kajian berkaitan ABBM masih kurang mengintegrasikan prinsip kapasiti memori kerja dalam reka bentuk ki pembelajaran
	Mayer (2020)	Pembelajaran multimedia berasaskan teori kognitif	Penggunaan visual, teks dan penyampaian maklumat yang tersusun dapat membantu kefahaman serta mengurangkan beban kognitif yang tidak diperlukan	Kurang kajian yang menggabungkan prinsip multimedia dan Teori Beban Kognitif dalam pembangunan ABBM RBT

Metodologi

Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan reka bentuk kajian kes bagi meneroka secara mendalam keperluan ABBM dalam pengajaran tajuk Reka Bentuk Elektronik RBT Tingkatan 2 berdasarkan perspektif sampel dalam kalangan guru. Pendekatan ini dipilih kerana ia sesuai untuk memahami fenomena secara kontekstual serta memperoleh pandangan mendalam daripada peserta kajian (Creswell & Poth, 2023). Reka bentuk kajian kes digunakan bagi membolehkan penyelidik meneliti secara terperinci pengalaman dan pandangan guru dalam konteks sebenar bilik darjah. Kajian ini memberi tumpuan kepada satu kes khusus iaitu pengajaran topik Reka Bentuk Elektronik dalam mata pelajaran RBT Tingkatan 2.

Sebanyak tiga orang guru Reka Bentuk dan Teknologi (RBT) telah dipilih sebagai peserta kajian melalui kaedah pensampelan bertujuan. Pemilihan peserta ini dibuat secara teliti berdasarkan beberapa kriteria yang telah ditetapkan, iaitu mempunyai pengalaman mengajar mata pelajaran RBT, terlibat secara langsung dalam pengajaran topik Reka Bentuk Elektronik, serta bersedia untuk berkongsi pengalaman dan pandangan secara mendalam. Pendekatan

pensampelan ini dipilih kerana ia membolehkan penyelidik mendapatkan data yang lebih kaya, mendalam dan relevan dengan objektif kajian. Selain itu, pemilihan peserta yang memenuhi kriteria khusus ini juga membantu memastikan maklumat yang diperoleh adalah berfokus dan mampu memberikan gambaran yang jelas terhadap isu serta keperluan dalam konteks pengajaran Reka Bentuk Elektronik.

Data kajian dikumpulkan melalui kaedah temu bual separa berstruktur. Kaedah ini membolehkan penyelidik mengemukakan soalan berdasarkan protokol temu bual yang telah dirancang, di samping memberikan ruang kepada peserta untuk menghuraikan pengalaman dan pandangan mereka secara lebih fleksibel dan mendalam. Pendekatan ini amat sesuai digunakan dalam kajian kualitatif kerana ia membolehkan penerokaan isu secara lebih terperinci serta memberi peluang kepada peserta untuk berkongsi perspektif mereka secara terbuka. Protokol temu bual dibangunkan berdasarkan objektif kajian yang merangkumi aspek keperluan ABBM dalam proses pengajaran dan pembelajaran (PdP), ciri-ciri ABBM yang sesuai, serta cabaran yang dihadapi dalam penggunaannya. Kesemua aspek ini dijadikan panduan utama dalam membentuk soalan temu bual bagi memastikan data yang diperoleh adalah selaras dengan fokus kajian. Temu bual dijalankan secara bersemuka dan direkodkan dengan kebenaran peserta bagi tujuan analisis. Proses rakaman ini penting untuk memastikan ketepatan data serta memudahkan penyelidik dalam proses transkripsi dan analisis seterusnya.

Proses pengumpulan data dalam kajian ini melibatkan beberapa langkah utama yang dilaksanakan secara sistematik bagi memastikan ketepatan dan kebolehpercayaan data. Pada peringkat awal, penyelidik mendapatkan kebenaran daripada pihak berkaitan serta persetujuan daripada peserta kajian sebelum sebarang pengumpulan data dijalankan. Langkah ini penting bagi memastikan aspek etika penyelidikan dipatuhi sepenuhnya. Seterusnya, sesi temu bual separa berstruktur dijalankan mengikut jadual yang telah ditetapkan. Sepanjang proses temu bual, data direkodkan dengan kebenaran peserta bagi memastikan maklumat yang diperoleh adalah lengkap dan tepat. Rakaman tersebut kemudiannya ditranskripsikan secara verbatim untuk mengekalkan keaslian data yang dikumpulkan. Selepas proses transkripsi, penyelidik menjalankan semakan terhadap ketepatan transkripsi dengan membandingkan semula teks dengan rakaman asal. Proses ini bertujuan memastikan tiada maklumat penting yang tertinggal atau disalah tafsir sebelum data dianalisis.

Analisis data dalam kajian ini dijalankan menggunakan perisian ATLAS.ti melalui pendekatan analisis tematik. Pendekatan ini dipilih kerana keupayaannya dalam mengenal pasti pola, tema dan hubungan dalam data kualitatif secara sistematik dan mendalam. Proses analisis dimulakan dengan transkripsi data temu bual, di mana semua rakaman ditranskripsikan secara verbatim bagi memastikan ketepatan dan kesahihan data. Seterusnya, proses pengkodan terbuka (*open coding*) dilaksanakan dengan menganalisis data secara baris demi baris untuk mengenal pasti kod awal yang berkaitan dengan fokus kajian. Kod-kod yang dikenal pasti kemudiannya melalui proses pengelompokan kod (*axial coding*), di mana kod yang mempunyai persamaan digabungkan bagi membentuk kategori yang lebih bermakna. Proses ini membantu dalam menyusun data secara lebih teratur dan sistematik. Akhir sekali, pembentukan tema (*selective coding*) dijalankan dengan menganalisis kategori yang telah dibentuk untuk menghasilkan tema-tema utama yang dapat menjelaskan fenomena kajian secara menyeluruh. Pendekatan ini membolehkan penyelidik mengenal pasti pola serta hubungan antara data dengan lebih jelas, seterusnya menyokong dapatan kajian secara empirikal.

Hasil Kajian

Analisis data temu bual menggunakan perisian ATLAS.ti telah menghasilkan beberapa tema utama yang menjelaskan keperluan ABBM dalam pengajaran tajuk Reka Bentuk Elektronik bagi mata pelajaran RBT Tingkatan 2. Secara keseluruhannya, dapatan kajian ini dapat dikategorikan kepada empat tema utama yang merangkumi beberapa subtema yang saling berkaitan, seperti yang diringkaskan dalam Jadual 2.

Jadual 2: Ringkasan Tema dan Subtema Dapatan Kajian

Tema Utama	Subtema	Huraian Ringkas
Cabaran pemahaman konsep	Jurang amali ke penulisan	Murid sukar memindahkan pengalaman amali kepada jawapan bertulis
	Kekeliruan konsep mikro pengawal	Murid tidak memahami fungsi sebenar mikro pengawal
Kelemahan kit sedia ada	Isu visualisasi	Kit tidak jelas dan sukar difahami
	Kit tidak realistik	Tidak menyerupai situasi sebenar
Ketidakrelevanan konteks	Projek tidak dekat dengan murid	Sukar dikaitkan dengan kehidupan harian
	Kit autentik & mesra murid	Perlu kit realistik dan mudah digunakan
Keperluan ABBM	PdP berstruktur & digital	Perlu pendekatan berfasa dan sokongan simulasi

Perincian tema dan subtema hasil kajian ini dihuraikan seperti berikut:

1) Cabaran Pemahaman Konsep dan Pemindahan Pengetahuan

Dapatan kajian menunjukkan bahawa salah satu cabaran utama dalam pengajaran Reka Bentuk Elektronik ialah ketidakupayaan murid untuk memindahkan pengalaman amali kepada pemahaman konseptual, khususnya dalam bentuk penulisan. Informan 1 menyatakan:

“projek diorang siap tapi bila kita minta dia jawab dalam ujian ataupun beri jawapan bertulis biasanya diorang susah untuk pindahkan pengalaman amali diorang tu kepada jawapan” (Informan 1)

Dapatan ini disokong oleh Informan 2 yang menyatakan:

“murid boleh ikut amali, boleh ikut amali tetapi lemah dalam huraian konsep dalam ujian bertulis” (Informan 2)

Selain itu, murid juga didapati mengalami kekeliruan terhadap fungsi mikro pengawal. Mereka cenderung memahami secara permukaan tanpa menguasai konsep sebenar. Sebagai contoh:

“pelajar ni keliru dengan fungsi mikro pengawal tu... dianggap macam mikro pengawal ni suis canggih” (Informan 1)

Keadaan ini menunjukkan bahawa pembelajaran yang berlaku lebih bersifat prosedural berbanding konseptual, sekali gus menekankan keperluan ABBM yang dapat menyokong pemahaman mendalam.

2) Kelemahan Kit Sedia Ada dan Isu Visualisasi

Dapatan kajian turut menunjukkan bahawa kit pembelajaran sedia ada mempunyai beberapa kelemahan yang menjejaskan keberkesanan PdP. Antaranya ialah keadaan kit yang tidak tersusun, sukar difahami serta tidak memberikan gambaran jelas tentang aplikasi sebenar. Informan 1 menyatakan:

“kit lampu isyarat yang kita ada, kebanyakannya dah lama... wayar dah berselirat” (Informan 1)

Selain itu, kit yang digunakan juga didapati tidak menyerupai sistem sebenar, menyebabkan murid sukar membuat visualisasi. Sepertimana menurut Informan 3 menyatakan seperti berikut;

“pakai Arduino tu... cucuk-cucuk kat breadboard tapi dia tak nampak macam lampu isyarat pun” (Informan 3)

Dapatan ini menunjukkan bahawa aspek visualisasi dan kejelasan reka bentuk kit adalah kritikal dalam membantu murid memahami konsep elektronik.

3) Ketidakrelevanan Konteks Projek dengan Kehidupan Murid

Satu lagi dapatan penting adalah ketidakrelevanan konteks projek yang digunakan dalam PdP dengan kehidupan sebenar murid. Projek seperti kit lampu isyarat didapati kurang dekat dengan pengalaman murid. Informan 1 dan 2 menjelaskan bahawa;

“projek amali yang diorang kena buat kit lampu isyarat ni macam tak dekat dengan dunia diorang lah” (Informan 1)

“diorang belum memandu... jadi kurang peka tentang lampu isyarat” (Informan 2)

Keadaan ini menyebabkan murid sukar mengaitkan konsep yang dipelajari dengan aplikasi dunia sebenar, sekali gus menjejaskan keberkesanan pembelajaran.

4) Keperluan Kit Pembelajaran Autentik dan Mesra Murid

Berdasarkan cabaran yang dikenal pasti, guru mencadangkan keperluan untuk membangunkan kit pembelajaran yang lebih autentik, realistik dan mesra murid. Seperti mana menurut Informan 1 yang ditemubual menyatakan;

“kit yang lebih user friendly... kita fokus pada murid... contoh macam rumah ataupun smart room” (Informan 1)

Manakala Informan 3 berpendapat bahawa guru juga harus menekankan keperluan untuk bahan bantu mengajar yang dapat menunjukkan situasi sebenar. Perkara ini dibuktikan berdasarkan petikan temubual dengan Informan 3 yang menyatakan;

“kalau ada kit yang lebih real... yang dia nampak secara real benda tu berlaku” (Informan 3)

Dapatan ini menunjukkan bahawa ABBM yang autentik dan kontekstual dapat membantu meningkatkan kefahaman murid.

5) Keperluan Pendekatan PdP Berstruktur dan Sokongan Digital

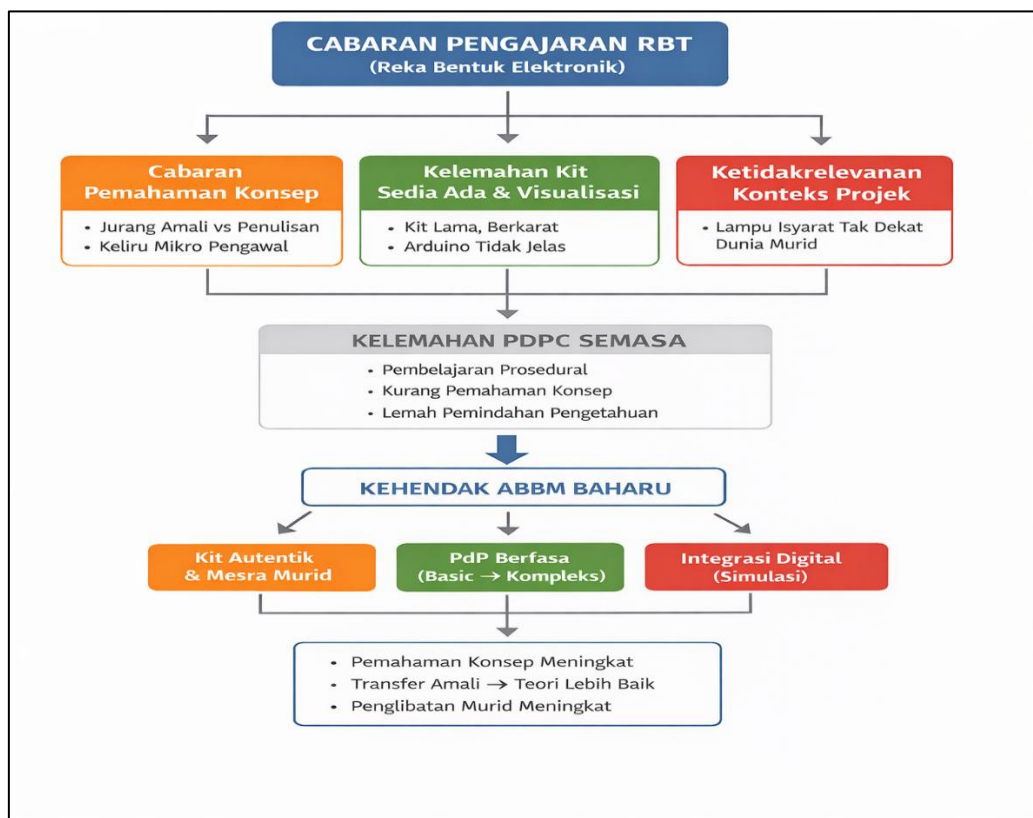
Selain reka bentuk kit, hasil kajian juga menunjukkan bahawa guru juga menekankan kepentingan pendekatan PdP yang berstruktur dan berfasa dalam membantu murid memahami konsep elektronik. Pendekatan ini dilihat dapat membantu murid membina pemahaman secara berperingkat serta meningkatkan keupayaan visualisasi konsep.

Hal ini dibuktikan berdasarkan beberapa petikan temubual dengan Informan 1 dan 2 yang menyatakan;

“pembelajaran yang berfasa... daripada suis biasa terus ke mikro pengawal”
(Informan 1)

Di samping itu, penggunaan alat digital seperti simulasi turut dicadangkan:
“gunakan TinkerCAD untuk menguji pelajar sebab dia lebih mudah dan menarik”
(Informan 2)

Rumusan hasil kajian ini menunjukkan bahawa keperluan ABBM dalam pengajaran Reka Bentuk Elektronik adalah sangat signifikan, khususnya dalam membantu meningkatkan pemahaman konsep, menyokong pemindahan pengetahuan, dan mengaitkan pembelajaran dengan konteks kehidupan sebenar. Oleh itu, dapatan ini telah memberikan asas yang kukuh untuk pembangunan ABBM yang lebih inovatif, autentik dan berstruktur bagi meningkatkan keberkesanan PdP dalam mata pelajaran RBT. Rajah 1 menunjukkan model konseptual yang dibangunkan berdasarkan analisis tematik menggunakan ATLAS.ti. Model ini menggambarkan hubungan antara cabaran utama dalam PdP Reka Bentuk Elektronik dan keperluan pembangunan ABBM yang lebih autentik, berstruktur serta disokong teknologi digital.



Rajah 1: Model Konseptual Keperluan ABBM dalam Pengajaran Reka Bentuk Elektronik RBT

Perbincangan, Implikasi dan Cadangan

Perbincangan

Dapatan kajian menunjukkan bahawa pengajaran Reka Bentuk Elektronik dalam RBT Tingkatan 2 berhadapan dengan cabaran utama iaitu kesukaran murid memahami konsep abstrak seperti fungsi mikropengawal serta kegagalan memindahkan pengalaman amali kepada penulisan akademik. Fenomena ini menunjukkan bahawa pembelajaran yang berlaku masih bersifat *procedural learning* berbanding *conceptual understanding*. Hasil kajian ini selari dengan kajian Idris dan Rus (2022) yang mendapati bahawa pelajar sering mampu melaksanakan aktiviti amali tetapi gagal menjelaskan konsep asas secara mendalam. Keadaan ini turut disokong oleh Ismail dan Hassan (2023) yang menegaskan bahawa wujud jurang antara pengalaman *hands-on* dan pemahaman kognitif dalam pendidikan teknikal.

Dari perspektif Teori Beban Kognitif, dapatan ini menunjukkan bahawa murid berhadapan dengan tahap *intrinsic cognitive load* yang tinggi kerana kandungan Reka Bentuk Elektronik melibatkan konsep-konsep abstrak seperti fungsi mikropengawal, sambungan litar dan logik pengaturcaraan yang memerlukan pemprosesan maklumat secara serentak. Menurut Sweller (2020), kandungan yang kompleks perlu disampaikan secara sistematik dan berperingkat agar tidak melebihi kapasiti memori kerja murid. Dapatan kajian ini menunjukkan bahawa ABBM sedia ada masih belum dapat membantu murid mengurus kerumitan kandungan tersebut secara berkesan, sekali gus menyebabkan mereka lebih mengingati prosedur amali berbanding memahami konsep yang mendasarinya. Dapatan ini turut menyokong pandangan Sweller, van

Merriënboer, dan Paas (2019) bahawa reka bentuk pengajaran yang tidak mengambil kira kapasiti memori kerja boleh menjejaskan pembentukan skema pengetahuan dalam memori jangka panjang.

Selain itu, kelemahan kit pembelajaran sedia ada serta kekurangan elemen visualisasi yang jelas menunjukkan berlakunya peningkatan *extraneous cognitive load*, iaitu beban kognitif yang berpunca daripada reka bentuk bahan pengajaran yang kurang efektif. Keadaan ini menyebabkan sebahagian kapasiti memori kerja murid digunakan untuk memproses maklumat yang tidak berkaitan dengan objektif pembelajaran. Dapatan ini sejajar dengan Mayer (2020) yang menjelaskan bahawa penggunaan visual, ilustrasi dan penyampaian maklumat yang tersusun dapat mengurangkan beban kognitif yang tidak diperlukan serta meningkatkan kefahaman konsep. Oleh itu, ABBM yang lebih autentik, interaktif dan berstruktur amat diperlukan bagi membantu murid memfokuskan perhatian kepada konsep utama dalam pembelajaran elektronik.

Tambahan pula, ketidakrelevanan konteks projek seperti kit lampu isyarat dengan kehidupan harian murid didapati mengurangkan keberkesanan pembelajaran kerana murid sukar menghubungkan pengalaman amali dengan aplikasi sebenar. Dapatan ini selari dengan Jafini et al. (2024) dan Arshad et al. (2023) yang menyatakan bahawa konteks pembelajaran yang tidak relevan akan menjejaskan penglibatan serta kefahaman murid. Dari perspektif Teori Beban Kognitif, penggunaan ABBM yang autentik dan kontekstual berupaya meningkatkan *germane cognitive load*, iaitu usaha mental yang menyokong pembinaan skema pengetahuan dan pemahaman konseptual secara lebih bermakna (Sweller, 2020). Justeru, pembangunan ABBM yang mengintegrasikan visualisasi, simulasi digital dan aktiviti pembelajaran berfasa bukan sahaja dapat mengurangkan beban kognitif yang tidak diperlukan, malah membantu murid membina hubungan yang lebih kukuh antara konsep teori dengan aplikasi praktikal dalam Reka Bentuk Elektronik.

Implikasi Kajian

Kajian ini memberikan beberapa implikasi penting kepada tiga aspek utama iaitu pedagogi, reka bentuk ABBM dan dasar pendidikan.

1) Implikasi Pedagogi

Dapatan kajian menunjukkan keperluan pendekatan PdP yang lebih berstruktur dan berfasa. Guru disarankan untuk memulakan pembelajaran daripada konsep asas sebelum beralih kepada konsep mikropengawal yang lebih kompleks. Pendekatan ini selaras dengan Teori Beban Kognitif yang menekankan pengurusan *intrinsic cognitive load* melalui penyusunan kandungan secara progresif agar murid dapat memproses maklumat mengikut kapasiti memori kerja mereka (Sweller, 2020). Pendekatan ini dapat mengurangkan kekeliruan konsep dalam kalangan murid serta meningkatkan pemahaman secara berperingkat.

2) Implikasi Reka Bentuk ABBM

ABBM perlu direka bentuk secara lebih autentik, mesra murid dan berasaskan situasi sebenar. Kit seperti smart home atau sistem automasi ringkas lebih sesuai berbanding kit konvensional yang tidak menggambarkan aplikasi sebenar. Selain itu, ABBM juga perlu mempunyai elemen visualisasi yang jelas bagi membantu murid memahami fungsi sistem elektronik. Reka bentuk ABBM yang sistematik, visual dan kontekstual berupaya mengurangkan *extraneous cognitive*

load serta meningkatkan pembentukan skema pengetahuan (*germane cognitive load*), sekali gus memudahkan murid memahami konsep elektronik yang abstrak

3) Implikasi Teknologi Pendidikan

Integrasi alat digital seperti simulasi (contohnya *TinkerCAD*) perlu diperluaskan dalam PdP RBT. Penggunaan simulasi dapat membantu murid menguji litar dan memahami fungsi komponen tanpa bergantung sepenuhnya kepada kit fizikal, sekali gus meningkatkan fleksibiliti pembelajaran. Penggunaan simulasi digital yang disepadukan dengan ABBM fizikal dapat mempersembahkan maklumat secara lebih tersusun, mengurangkan beban kognitif yang tidak diperlukan serta meningkatkan keberkesanan pemprosesan maklumat dalam kalangan murid

Cadangan Kajian

Berdasarkan dapatan kajian, beberapa cadangan dikemukakan:

- 1) Pembangunan ABBM berasaskan reka bentuk autentik
 - ABBM perlu dibangunkan berasaskan situasi dunia sebenar seperti sistem rumah pintar bagi meningkatkan relevansi pembelajaran. Di samping itu, reka bentuk ABBM hendaklah mengambil kira pengurusan *intrinsic cognitive load*, pengurangan *extraneous cognitive load* dan peningkatan *germane cognitive load* supaya murid dapat memahami konsep elektronik secara lebih berkesan
- 2) Integrasi pembelajaran berfasa
 - PdP perlu direka secara sistematik daripada konsep asas (suis, LED) kepada konsep lebih kompleks (mikro pengawal). Pendekatan ini membantu mengurus kerumitan kandungan pembelajaran secara berperingkat mengikut kapasiti memori kerja murid
- 3) Penggunaan teknologi simulasi secara optimum
 - Guru digalakkan menggunakan perisian seperti *TinkerCAD* sebagai alat sokongan pembelajaran sebelum aktiviti *hands-on*. Penggunaan simulasi bersama ABBM fizikal dijangka dapat mengurangkan kekeliruan konsep melalui visualisasi yang lebih jelas dan tersusun
- 4) Latihan profesional guru
 - Program pembangunan profesional perlu memberi fokus kepada aplikasi prinsip Teori Beban Kognitif dalam mereka bentuk ABBM dan merancang aktiviti PdP yang mampu mengoptimumkan pemprosesan maklumat murid. Latihan juga perlu memberi penekanan kepada strategi seperti segmentasi kandungan, visualisasi, pembelajaran berfasa dan penggunaan simulasi digital.
- 5) Kajian masa hadapan
 - Kajian masa depan dicadangkan untuk membangunkan dan menguji keberkesanan ABBM baharu yang direka berdasarkan dapatan kajian ini melalui pendekatan kuasi-eksperimen. Kajian lanjutan juga dicadangkan untuk menilai kesan ABBM berasaskan Teori Beban Kognitif terhadap pencapaian akademik, beban kognitif murid dan pembentukan pemahaman konseptual dalam mata pelajaran Reka Bentuk dan Teknologi.

Kesimpulan

Kajian ini bertujuan untuk meneroka keperluan Alat Bahan Bantu Mengajar (ABBM) dalam pengajaran tajuk Reka Bentuk Elektronik RBT Tingkatan 2 berdasarkan perspektif guru. Secara keseluruhan, dapatan kajian menunjukkan bahawa ABBM memainkan peranan yang sangat signifikan dalam menyokong kefahaman konsep elektronik yang bersifat abstrak dan kompleks, khususnya dalam konteks mikro pengawal. Hasil kajian mendapati bahawa murid masih berhadapan dengan kesukaran utama dalam memahami konsep asas elektronik serta gagal memindahkan pengalaman amali kepada penulisan konseptual. Selain itu, kit pembelajaran sedia ada didapati kurang autentik, kurang mesra murid dan tidak mencerminkan situasi dunia sebenar, yang menyebabkan pembelajaran kurang bermakna. Ketidakrelevanan konteks projek dengan kehidupan harian murid turut menjejaskan tahap penglibatan dan kefahaman mereka dalam PdP.

Di samping itu, kajian ini turut mengenal pasti keperluan terhadap ABBM yang lebih berstruktur, realistik dan disokong oleh teknologi digital seperti simulasi. Pendekatan PdP yang berfasa serta integrasi alat digital didapati berpotensi membantu murid membina pemahaman secara lebih sistematik dan mendalam. Secara teoritikal, kajian ini menyokong Teori Beban Kognitif yang menegaskan bahawa reka bentuk ABBM yang sistematik, autentik dan berstruktur mampu mengurus *intrinsic cognitive load*, mengurangkan *extraneous cognitive load* serta meningkatkan *germane cognitive load* bagi menyokong pembentukan skema pengetahuan dan pemahaman konseptual yang lebih bermakna. Secara praktikal, kajian ini memberi implikasi kepada keperluan pembangunan ABBM yang mengambil kira kapasiti pemprosesan maklumat murid, penggunaan visualisasi yang berkesan serta integrasi teknologi digital bagi meningkatkan keberkesanan pengajaran Reka Bentuk Elektronik.

Kesimpulannya, kajian ini bukan sahaja mengenal pasti cabaran sedia ada dalam PdP RBT, tetapi juga menyediakan asas penting untuk pembangunan ABBM yang lebih efektif pada masa hadapan. Pembangunan ABBM yang berasaskan prinsip Teori Beban Kognitif dijangka dapat meningkatkan kefahaman konsep, mengurangkan beban kognitif yang tidak diperlukan serta menyokong pembelajaran yang lebih bermakna dalam mata pelajaran Reka Bentuk dan Teknologi. Dapatan ini diharapkan dapat menyumbang kepada penambahbaikan amalan pengajaran guru serta meningkatkan kualiti pembelajaran murid dalam bidang teknologi dan kejuruteraan di peringkat sekolah menengah.

Rujukan

- Arshad, Z. M., Azman, M. N. A., & Sundari, R. S. (2023). Need analysis for the development of augmented reality-based electronic design application in secondary school Design and Technology (D&T) subject. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 32(2), 154–163. <https://doi.org/10.37934/araset.32.2.154163>
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2023). *e-Learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (5th ed.). Wiley.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2023). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Idris, M. R., & Rus, R. C. (2023). Development module for electronic design in the Design and Technology (D&T) subject: A needs analysis approach. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 12(2), 1718–1732. <https://doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i2/17337>
- Jafini, M. H., Mat Nashir, I., Azman, M. N. A., Othman, F. W., Ayub, N., Yusof, Y., & Abu Bakar, A. Z. (2024). Investigating future learning of electronic module through thematic analysis in secondary school: A need analysis. *Journal of Technology and Humanities*, 5(2), 1–12. <https://doi.org/10.53797/jthkks.v5i2.1.2024>
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2016). *Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran KSSM Reka Bentuk dan Teknologi Tingkatan 2*. Bahagian Pembangunan Kurikulum.
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355>
- Mohamad Suhaimi, N. A., & Alias, A. (2022). Pengetahuan guru pendidikan khas terhadap bahan bantu mengajar visual, auditori dan kinestetik yang sesuai terhadap murid berkeperluan khas. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities*, 7(5), Article e001526. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i5.1526>
- National Academy of Engineering, & National Research Council. (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Noor, A. M., & Saibon, J. (2023). The attitudes of secondary school teachers toward the utilization of microcontroller in the classroom. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 13(3), 1563–1583. <https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v13-i3/16813>
- Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (2020). Cognitive-load theory: Methods to manage working memory load in the learning of complex tasks. *Current Directions in Psychological Science*, 29(4), 394–398. <https://doi.org/10.1177/0963721420922183>
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31, 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Zamuri, M. F., Suhaimi, S., & Hazrullah. (2025). The effectiveness of an AR module in enhancing achievement and interest in learning mechanical components. *Journal of ICT in Education*, 12(1), 101–117. <https://doi.org/10.37134/jictie.vol12.1.8.2025>