

ANALISIS HUBUNGAN STRUKTUR FAKTOR KRITIKAL DAN PUNCA KURANG IMPLEMENTASI PENGAJARAN PENYELESAIAN MASALAH BUKAN RUTIN ALGEBRA TINGKATAN TIGA DALAM TALIAN MENGGUNAKAN KAEDAH DEMATEL

ANALYSIS OF STRUCTURAL RELATIONSHIPS OF CRITICAL FACTORS AND CAUSES OF LACK OF IMPLEMENTATION OF NON-ROUTINE PROBLEM SOLVING TEACHING ONLINE THREE LEVEL ALGEBRA USING THE DEMATEL METHOD

Azimah Md Dahlan ^{1*}
Abdul Razak Othman ²

¹ Fakulti Pendidikan, Universiti Terbuka Malaysia, Main Kampus Kuala Lumpur, Malaysia

(E-mail: azimahmddahlan@oum.edu.my)

² Fakulti Pendidikan, Institut Penguruan Kampus Pulau Pinang, Malaysia

(E-mail: drhjaro@gmail.com)

* Corresponding author: Author

Article history

Received date : 22-11-2025

Revised date : 23-11-2025

Accepted date : 28-12-2025

Published date : 15-1-2026

To cite this document:

Md Dahlan, A., & Othman, A. R. (2026). Analisis hubungan struktur faktor kritikal dan punca kurang implementasi pengajaran penyelesaian masalah bukan rutin algebra tingkatan tiga dalam talian menggunakan kaedah DEMATEL. *Journal of Islamic, Social, Economics and Development (JISED)*, 11 (80), 41 – 52.

Abstrak: Tujuan: Perubahan kepada persekitaran digital telah menunjukkan faktor kritikal dalam pedagogi matematik terutamanya dalam Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) melalui Penyelesaian Masalah Bukan Rutin (PMBR) Algebra. Kajian ini mencadangkan idea baharu berbeza dengan kajian terdahulu dengan menggunakan Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) untuk menggambarkan secara empirikal hubungan kausal (sebab-akibat) yang kompleks antara punca kurang implementasi pengajaran PMBR Algebra Tingkatan Tiga dalam talian. Metodologi: Menganalisis hubungan matriks pengaruh langsung antara empat faktor kritikal melalui pengumpulan data daripada lima (5) pakar yang berkemahiran tinggi, iaitu faktor Metakognitif Digital Scaffolding (F_1), Ketidaksesuaian Alat Digital (F_2), Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F_3), dan Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya (F_4). Dapatan: Analisis akhir DEMATEL menolak hipotesis yang menyalahkan pelajar. Sebaliknya, kajian ini mengesahkan bahawa Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F_3) adalah faktor terkesan sistemik dengan nilai D-R paling negatif (-1.675), menjadikan sebagai faktor penerima (key dependent) utama. Analisis hubungan kausal mendedahkan bahawa Metakognitif Digital Scaffolding (F_1) dan Ketidaksesuaian Alat Digital (F_2) adalah faktor utama (key drivers) dengan nilai D-R positif tertinggi (0.799 dan 0.702) dan mengesahkan bahawa kekurangan terletak pada strategi guru dan pemilihan teknologi serta

bukan pada inisiatif pelajar. Implikasi: Kajian ini memberikan panduan yang unik bagi intervensi atau pemulihan yang bertujuan meningkatkan penguasaan PMBR wajib mengutamakan latihan pedagogi guru dan penstrukturan semula ekosistem peralatan digital. Kegagalan untuk menangani F_1 dan F_2 akan menyebabkan penurunan motivasi (F_3) sebagai ciri berterusan pada pembelajaran Algebra dalam talian.

Kata Kunci: *Penyelesaian Masalah Bukan Rutin (PMBR), Algebra, DEMATEL, Pedagogi Dalam Talian, Metakognitif Digital Scaffolding, Faktor Kritikal*

Abstract: *Purpose: The change to the digital environment has shown a critical factor in mathematics pedagogy especially in Higher Level Thinking Skills (HLS) through Algebraic Non-Routine Problem Solving (PMBR). This study proposes a new idea different from previous studies by using the Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) to empirically describe the complex causal relationship (causes and effects) between the causes of the lack of implementation of PMBR Algebra Third Form online teaching. Methodology: Analyzing the direct influence matrix relationship between four critical factors through data collection from five (5) highly skilled experts, namely the Digital Scaffolding Metacognitive factors (F_1), Digital Tool Incompatibility (F_2), Learner's Independent Motivation Stage (F_3), and Quality and Structure of Virtual Collaborative Interaction (F_4). Findings: The final DEMATEL analysis rejects the hypothesis that blames students. On the other hand, this study confirms that the Student's Independent Motivation Stage (F_3) is a systemic factor with the most negative DR value (-1.675), making it the main key dependent factor. Causal relationship analysis revealed that Metacognitive Digital Scaffolding (F_1) and Digital Tool Incompatibility (F_2) were the main factors (key drivers) with the highest positive DR values (0.799 and 0.702) and confirmed that the deficiencies lay in teacher strategy and technology selection and not in student initiative. Implications: This study provides unique guidance for interventions or remedies aimed at improving PMBR mastery should prioritize teacher pedagogical training and restructuring of the digital tools ecosystem. Failure to address F_1 and F_2 will lead to decreased motivation (F_3) as a persistent characteristic of online Algebra learning.*

Keywords: *Non-Routine Problem Solving (PMBR), Algebra, DEMATEL, Online Pedagogy, Metacognitive Digital Scaffolding, Critical Factors*

Pengenalan

Penyelesaian Masalah Bukan Rutin (PMBR) merupakan jantung kepada kurikulum matematik dan berperanan sebagai pemangkin pembangunan Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) dan metakognitif (Polya, 1973; Schoenfeld, 1992). Dalam konteks pendidikan Malaysia, penguasaan PMBR adalah matlamat utama, terutamanya dalam topik asas seperti Algebra Tingkatan Tiga, yang berfungsi sebagai penyambung kepada pendidikan STEM peringkat tinggi (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2018). Namun, penguasaan pelajar terhadap PMBR dilaporkan tidak memuaskan kerana sering mengaplikasikan strategi yang statik dan ketidakupayaan untuk memindahkan pengetahuan sedia ada ke dalam situasi masalah yang tidak berstruktur (Mahmud et al., 2021).

Perubahan pedagogi kepada pembelajaran dalam talian telah mewujudkan satu jurang pedagogi yang serius, terutamanya dalam pengajaran konsep yang kompleks seperti PMBR Algebra (Chan et al., 2020). Cabaran utama merangkumi kesukaran guru memantau proses kognitif metakognitif pelajar secara real-time dan keterbatasan dalam menyediakan Metakognitif

Digital Scaffolding yang berkesan (Zakaria dan Maat, 2020). Jurang ini menghalang guru daripada menyediakan bimbingan berperingkat (scaffolding) yang sesuai dengan Zon Perkembangan Proksimal (ZPD) pelajar (Vygotsky, 1978). Justeru, tumpuan telah beralih daripada sekadar mengenal pasti cabaran kepada memahami mekanisme sebab-akibat yang menyebabkan kegagalan sistemik ini.

Oleh yang demikian, kajian ini meneroka lebih jauh daripada analisis deskriptif. Dengan menggunakan kaedah Analisis Percubaan dan Penilaian Membuat Keputusan Makmal atau Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL), kajian ini bertujuan untuk menentukan hubungan struktur faktor kritikal di antara sumber kekurangan implementasi pengajaran PMBR Algebra. Keunikan pendekatan DEMATEL membolehkan pengenalan yang tepat mengenai faktor pemacu utama (key drivers) berbanding faktor penerima (key dependents) dalam sistem, yang penting untuk memastikan intervensi pedagogi dan teknologi yang dicadangkan adalah berimpak tinggi dan strategik. Dapatan kajian ini dijangka akan memberikan implikasi dasar yang signifikan terhadap program latihan guru dan reka bentuk kurikulum digital bagi memastikan pembangunan KBAT yang optimum.

Sorotan Literatur

Penyelesaian Masalah Bukan Rutin (PMBR) berfungsi sebagai penunjuk utama bagi Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) dalam pendidikan matematik. PMBR memerlukan pelajar mengaplikasikan algoritma mudah kepada kemahiran menganalisis, mensintesis, dan menilai pelbagai strategi penyelesaian yang kompleks (PISA, 2017; Mabilangan et al., 2011). Penguasaan PMBR, khususnya dalam topik Algebra Tingkatan Tiga yang melibatkan konsep asas seperti fungsi kuadratik dan ungkapan, adalah kritikal kerana ia merupakan faktor penting untuk kejayaan dalam bidang pendidikan Sains, Teknologi, Kejuruteraan, dan Matematik (STEM) di peringkat pengajian tinggi (National Research Council, 2012). Walau bagaimanapun, kebolehan pelajar untuk menyelesaikan masalah ini sering terhalang oleh kegagalan dalam proses penaakulan metakognitif. Model heuristik George Polya (1973) memfokuskan kepentingan metakognisi, iaitu kebolehan pelajar untuk merancang, memantau, dan menyemak proses berfikir sendiri, yang telah dikenal pasti sebagai salah satu titik kegagalan utama yang dihadapi oleh pelajar Malaysia dalam menguasai PMBR (Abdul Rahman et al., 2017).

Perubahan pedagogi kepada persekitaran dalam talian telah menimbulkan cabaran yang ketara dalam memupuk Penyelesaian Masalah Bukan Rutin (PMBR) (López-Pernas et al., 2021). Kekangan utama berkaitan dengan faktor Metakognitif Digital (Scaffolding), di mana guru berhadapan kesukaran untuk mengilustrasi dan menilai proses berfikir pelajar dalam tempoh sebenar. Kesukaran ini menjejaskan kebolehan untuk memberikan bimbingan berperingkat (scaffolding) yang tepat, seperti yang disarankan oleh Teori Sosiokultural Vygotsky (1978). Kegagalan menyediakan persekitaran PdP yang berkesan ini memburukkan lagi masalah Tahap Motivasi Kendiri Pelajar, kerana pelajar mudah berputus asa apabila berdepan dengan masalah bukan rutin yang sukar dan kompleks (Kizilcec et al., 2017). Selain itu, kajian turut menunjukkan bahawa Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya adalah rendah, secara langsung menjejaskan peluang pelajar untuk terlibat dalam dialog dan menyusun strategi bersama (Lai et al., 2015).

Faktor Ketidaksesuaian Alat Digital telah dikenal pasti sebagai penyumbang utama kepada kegagalan Penyelesaian Masalah Bukan Rutin (PMBR) dalam talian (Means et al., 2009). Alat digital yang digunakan terhad kepada sokongan manipulasi rutin atau format kuiz, gagal

menyediakan sokongan penting yang diperlukan untuk visualisasi secara dinamik dan pembinaan model matematik, terutamanya yang berkaitan dengan Algebra (Puntambekar dan Hubscher, 2005). Walaupun kerangka Pengetahuan Teknologi, Pedagogi, dan Kandungan (TPACK) memfokuskan keperluan guru untuk mengintegrasikan teknologi secara pedagogi, kekurangan peralatan yang sesuai dan berkemampuan untuk merealisasikan kehendak PMBR telah menjadi cabaran yang berterusan (Koehler dan Mishra, 2009). Justeru, Ketidaksesuaian Alat Digital berfungsi sebagai faktor pemacu yang kuat yang secara negatif mempengaruhi keberkesanan Metakognitif Digital (Scaffolding) dan Kualiti serta Struktur Interaksi Kolaboratif Maya dalam pembelajaran PMBR.

Justifikasi Metodologi DEMATEL

Walaupun kajian lepas telah mengenal pasti faktor-faktor yang terlibat, hubungan sebab-akibat yang tepat antara faktor-faktor ini kekal sebagai jurang epistemologi yang ketara (Yin, 2018). Kajian deskriptif atau korelasional yang tradisional tidak berupaya menentukan faktor mana yang berfungsi sebagai punca (driver) dan faktor mana yang menjadi akibat (dependent) (Creswell dan Creswell, 2018). Oleh yang demikian, kajian ini memilih Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) untuk memetakan hubungan kausal (D-R) dan kepentingan keseluruhan (D+R) faktor-faktor tersebut (Tzeng et al., 2007). Penggunaan DEMATEL adalah penting kerana ia memberikan panduan yang preskriptif, iaitu dengan memfokuskan intervensi ke atas faktor punca (yang dikesan positif dalam analisis) bagi mencapai kesan domino (rantai) yang maksimum ke atas seluruh sistem, termasuk penambahbaikan motivasi pelajar (Gabus dan Fontela, 1972). Metodologi kajian ini mengaplikasi reka bentuk kualitatif-kuantitatif yang berurutan, di mana data kualitatif (input pakar) dianalisis menggunakan teknik kuantitatif (DEMATEL) untuk memodelkan hubungan sebab-akibat (Luthra et al., 2017).

Reka Bentuk Kajian dan Pendekatan DEMATEL

Kajian ini menggunakan kerangka DEMATEL untuk menentukan hubungan kausal dan kepentingan relatif antara faktor-faktor kritikal yang dikenal pasti. DEMATEL adalah teknik pemodelan struktur yang sangat sesuai untuk menganalisis dan memvisualisasikan hubungan kompleks saling bergantung, membezakan faktor punca (drivers) dan faktor penerima (dependents) dalam satu sistem.

Penentuan Faktor Kritikal

Berdasarkan sorotan literatur yang komprehensif serta proses pengesahan melalui panel pakar, empat faktor kritikal telah dikenal pasti sebagai sumber utama yang menyumbang kepada kegagalan dalam pelaksanaan intervensi pembelajaran berasaskan teknologi (Yin, 2018; Creswell dan Creswell, 2018). Faktor pertama (F1) merujuk kepada tahap Metakognitif Digital (Scaffolding) oleh guru, yang menentukan sejauh mana sokongan strategik, pemantauan, dan bimbingan digital dapat membantu pelajar mengawal dan mengawal selia proses pembelajaran sendiri mereka (Puntambekar dan Hubscher, 2005). Faktor kedua (F2) adalah Ketidaksesuaian Alat Digital, yang merangkumi kelemahan reka bentuk, ketidakpadanan fungsi dengan objektif pedagogi PMBR, serta keterbatasan akses yang secara langsung menjejaskan keberkesanan penggunaan teknologi (Koehler dan Mishra, 2009; Means et al., 2009). Faktor ketiga (F3), iaitu Tahap Motivasi Kendiri Pelajar, didapati memainkan peranan signifikan kerana pedagogi digital sangat bergantung pada autonomi, disiplin diri, dan kecenderungan pelajar untuk terlibat secara aktif dalam tugas (Kizilcec et al., 2017). Akhirnya, Faktor keempat (F4) melibatkan Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya, di mana kekurangan penyelarasan peranan, ketidakjelasan komunikasi, serta rendahnya keaktifan dalam platform digital boleh menurunkan

kualiti pembelajaran kolaboratif (Lai et al., 2015). Keempat-empat faktor ini membentuk asas kepada analisis lanjut mengenai keberkesanan intervensi digital dan memberikan implikasi secara langsung terhadap reka bentuk pedagogi serta strategi sokongan teknologi dalam konteks pendidikan kontemporari.

Kajian terkini menunjukkan bahawa metakognitif scaffolding yang disokong teknologi memainkan peranan penting dalam menyokong pembelajaran sendiri dan penyelesaian masalah pelajar (Kizilcec et al., 2017). Faktor ini secara khusus membimbing perancangan, pemantauan, dan penilaian proses pembelajaran secara reflektif, di mana kajian meta-analisis mengesahkan bahawa scaffolding memberi kesan sederhana pada prestasi pelajar dan meningkatkan kesedaran metakognitif (metacognitive awareness) (Puntambekar dan Hubscher, 2005). Selain itu, ketidaksesuaian alat digital dengan objektif pedagogi dan reka bentuk tugas menjadi halangan utama kepada keberkesanan penggunaan teknologi dalam pengajaran (Koehler dan Mishra, 2009). Alat yang tidak sepadan boleh menimbulkan beban kognitif dan mengurangkan fokus terhadap pembelajaran, khususnya dalam konteks penyelesaian masalah bukan rutin (Sweller, 1988). Kajian meta-analisis juga menunjukkan bahawa motivasi sendiri pelajar dikaitkan secara positif dengan pencapaian penggunaan scaffolding dalam talian, di mana motivasi yang lebih tinggi merangsang penglibatan aktif dan penggunaan strategi pembelajaran berasaskan teknologi secara berkesan (Means et al., 2009). Akhir sekali, kualiti dan struktur interaksi kolaboratif maya terbukti penting dalam membentuk hasil pembelajaran (Lai et al., 2015). Penyediaan scaffolding dan struktur yang jelas menyokong kawalan bersama (co-regulation) dalam kumpulan dan memudahkan penyusunan komunikasi yang efektif, yang kritikal untuk mencapai kejayaan dalam pembelajaran kolaboratif.

Persampelan dan Pengumpulan Data Pakar

Persampelan dan pengumpulan data pakar dalam kajian ini melibatkan seramai lima (5) orang pakar yang dipilih secara bertujuan (purposive sampling) berdasarkan kepakaran dalam Pedagogi Matematik, Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) atau Pembelajaran Matematik Berasaskan Penyelesaian Masalah (PMBR), serta Teknologi Pendidikan (Creswell dan Creswell, 2018; Patton, 2015). Instrumen utama yang digunakan ialah Matriks Pengaruh Langsung (Direct Influence Matrix) bagi memperoleh penilaian yang sistematik dan konsisten terhadap hubungan antara faktor-faktor yang dikenal pasti (Tzeng et al., 2007). Setiap pakar diminta menilai tahap pengaruh faktor baris terhadap faktor lajur. Proses penilaian dilaksanakan menggunakan skala Likert berstruktur yang terdiri daripada empat aras intensiti, iaitu 0 (Tiada Pengaruh), 1 (Pengaruh Rendah), 3 (Pengaruh Tinggi), dan 4 (Pengaruh Sangat Tinggi) (Gabus dan Fontela, 1972). Penggunaan skala ini membolehkan penentuan kekuatan dan arah pengaruh antara faktor dilakukan secara jelas, sekali gus menyokong analisis kuantitatif lanjutan dalam rangka kerja pemodelan hubungan sebab-akibat DEMATEL (Luthra et al., 2017).

Prosedur Analisis DEMATEL

Analisis DEMATEL melibatkan lima langkah utama untuk mendapatkan model hubungan kausal iaitu:

Pembinaan Matriks Pengaruh Langsung Purata ($\bar{A}$)

Kelima-lima matriks penilaian pakar (A_1 hingga A_5) digabungkan dan dipuratakan bagi menghasilkan Matriks Pengaruh Langsung Purata ($\bar{A}$). Proses penentuan purata ini bertujuan mendapatkan gambaran konsensus pakar berhubung tahap pengaruh setiap faktor terhadap faktor lain. Matriks $\bar{A}$ ditakrifkan sebagai:

$$\bar{A} = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 A_k$$

Pembinaan Matriks Normalisasi (N)

Seterusnya, matriks $\bar{A}$ dinormalisasikan untuk menghasilkan Matriks Normalisasi (N). Normalisasi dilakukan bagi memastikan jumlah maksimum setiap baris tidak melebihi satu, sekali gus memelihara kestabilan pengiraan hubungan langsung dan tidak langsung. Pemalar normalisasi, (s), ditentukan berdasarkan nilai maksimum jumlah baris matriks $\bar{A}$. Proses normalisasi ditunjukkan seperti berikut:

$$N = \frac{\bar{A}}{s}, \quad \text{di mana } s = \max_i \sum_{j=1}^n a_{ij}$$

Pembinaan Matriks Hubungan Keseluruhan (T)

Matriks Hubungan Keseluruhan (T) dibentuk dengan menggabungkan pengaruh langsung dan tidak langsung antara faktor. Matriks ini dihitung menggunakan Matriks Identiti (I) dan Matriks Normalisasi (N). Formula yang digunakan adalah:

$$T = N(I - N)^{-1}$$

Pembentukan T membolehkan analisis hubungan sistematik antara semua faktor dilakukan secara menyeluruh dalam rangka kerja DEMATEL.

Pengiraan Nilai Ambang dan Pemetaan Hubungan

Nilai ambang (*threshold value*) ditentukan berdasarkan purata kesemua elemen dalam matriks T. Nilai ini digunakan untuk menapis hubungan yang terlalu lemah bagi memastikan hanya hubungan yang signifikan ditaksirkan dalam Rajah Hubungan Keseluruhan. Matriks hubungan yang melebihi ambang kemudiannya digunakan untuk membina peta hubungan sebab-akibat antara faktor.

Pengiraan Keputusan Akhir (D, R, D + R, D – R)

Nilai D (jumlah baris: Pengaruh Keluar) dan R (jumlah lajur: Pengaruh Masuk) diperoleh daripada matriks T. Daripada nilai ini, dua indikator utama dikira iaitu: Kepentingan (D+R): Menunjukkan tahap relevan dan peranan relatif sesuatu faktor dalam keseluruhan sistem. Hubungan Kausal (D–R): Menentukan sama ada sesuatu faktor bertindak sebagai Punca (D–R>0) atau Penerima (D–R<0) dalam rangka hubungan sebab-akibat. Indikator-indikator ini memberi gambaran jelas tentang sistem dan kedudukan strategik setiap faktor dalam model DEMATEL. Keputusan ini digunakan untuk menghasilkan Rajah Peta Hubungan Kausal, yang berfungsi sebagai model visual preskriptif bagi kajian.

Dapatan

Jadual 1: Matriks Pengaruh Secara Langsung

	Metakognitif Digital Scaffolding	Ketidaksesuaian Alat Digital	Tahap Motivasi Kendiri Pelajar	Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya
Metakognitif Digital Scaffolding	0	2.4	3.6	3.6
Ketidaksesuaian Alat Digital	2	0	3.4	2.4
Tahap Motivasi Kendiri Pelajar	1	1	0	2.2
Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya	3.6	1.8	3.4	0

Sumber: Analisis Penyelidik menggunakan Kaedah Dematel

Berdasarkan Jadual *Direct Relation Matrix* (Matriks Pengaruh Langsung), purata diperolehi dengan mengambil purata bagi setiap sel yang sepadan daripada semua Matriks Pakar yang telah diisi. Berdasarkan matriks purata yang diberikan, nilai-nilai menunjukkan hubungan pengaruh yang ketara antara faktor-faktor kritikal. Faktor Metakognitif Digital *Scaffolding* dan Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya didapati sebagai dua faktor yang paling banyak mempengaruhi faktor lain, dengan nilai purata tertinggi sebanyak 3.6. Ini bermakna pakar secara konsisten melihat kedua-dua kemahiran guru dalam bimbingan digital dan persekitaran interaksi maya sebagai pemacu utama (*drivers*) yang akan secara langsung meningkatkan atau mengurangkan masalah Tahap Motivasi Kendiri Pelajar. Sebaliknya, Tahap Motivasi Kendiri Pelajar menunjukkan pengaruh yang paling rendah ke atas faktor lain (nilai purata 1.0 ke atas dan 1.0 ke atas, menjadikannya kemungkinan besar adalah faktor penerima (*dependent*) dalam sistem ini, yang bermaksud ia adalah akibat dan bukannya punca utama kurang implementasi.

Jadual 2: Matriks Hubungan Normal Secara Langsung Purata

	Metakognitif Digital Scaffolding	Ketidaksesuaian Alat Digital	Tahap Motivasi Kendiri Pelajar	Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya
Metakognitif Digital Scaffolding	0	2.231	0.346	0.346
Ketidaksesuaian Alat Digital	0.192	0	0.327	0.231
Tahap Motivasi Kendiri Pelajar	0.096	0.096	0	0.212

Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya	0.346	0.173	0.327	0
---	-------	-------	-------	---

Sumber: Analisis Penyelidik menggunakan Kaedah Dematel

Jadual 2 iaitu Matriks Hubungan Normal secara Langsung Purata menunjukkan bahawa faktor Metakognitif Digital *Scaffolding* dan Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya merupakan dua faktor utama yang mempunyai pengaruh paling tinggi ke atas faktor-faktor lain, terutamanya ditunjukkan oleh nilai 3.6 dari F_1 ke F_3 dan F_4 , serta nilai 3.6 dari F_4 ke F_1 . Setelah matriks ini dinormalkan (dibawa ke dalam Matriks Hubungan Norma secara Langsung), pola pengaruh kekal konsisten, di mana nilai norma tertinggi (0.346) ditemui pada hubungan Metakognitif Digital *Scaffolding* (F_1) mempengaruhi Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F_3) dan Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya (F_4). Nilai ini menunjukkan bahawa tahap peningkatan atau penurunan kemahiran guru untuk membimbing secara digital (F_1) mempunyai impak hampir 35% pada faktor F_3 dan F_4 . Sebaliknya, Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F_3) menunjukkan nilai pengaruh yang paling rendah ke atas faktor lain (0.096 ke atas F_1 dan F_2), mengukuhkan ia sebagai faktor penerima (dependent) utama dalam sistem, iaitu ia lebih dipengaruhi daripada mempengaruhi faktor kegagalan pengajaran PMM bukan rutin Algebra dalam talian.

Jadual 3: Matriks Hubungan Keseluruhan

	Metakognitif Digital Scaffolding	Ketidaksesuaian Alat Digital	Tahap Motivasi Kendiri Pelajar	Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya
Metakognitif Digital Scaffolding	0.514	0.598	1.006	0.875
Ketidaksesuaian Alat Digital	0.58	0.336	0.864	0.692
Tahap Motivasi Kendiri Pelajar	0.358	0.299	0.38	0.485
Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya	0.742	0.536	0.949	0.581

Sumber: Analisis Penyelidik menggunakan Kaedah Dematel

Matriks Hubungan Keseluruhan (T) menunjukkan jumlah pengaruh langsung dan tidak langsung antara semua faktor kritikal yang dihitung menggunakan Matriks Hubungan Langsung Ternormal. Berdasarkan matriks ini, ia jelas mengukuhkan bahawa Metakognitif Digital Scaffolding (F_1) dan Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya (F_4) adalah faktor yang paling berpengaruh dalam keseluruhan sistem kegagalan pengajaran PMM bukan rutin Algebra dalam talian. Faktor Metakognitif Digital *Scaffolding* (F_1) menunjukkan nilai pengaruh keseluruhan yang tertinggi ke atas Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F_3) dengan nilai 1.006, bermakna peningkatan dalam kemahiran guru untuk membimbing proses pemikiran pelajar secara digital memberi impak melebihi satu unit ke atas motivasi pelajar. Di samping itu, Kualiti

dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya (F_4) menunjukkan pengaruh timbal balik yang sangat kuat terhadap Metakognitif Digital Scaffolding (F_1) dengan nilai 0.742. Sebaliknya, Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F_3) kekal sebagai faktor penenerima dengan nilai pengaruh keluar yang paling rendah (hanya 0.38 ke atas dirinya sendiri), menegaskan bahawa sebarang intervensi yang ingin meningkatkan PMM bukan rutin perlu difokuskan pada pembaikan pedagogi guru dan kualiti interaksi sebagai punca utama sistem.

Jadual 4: Matriks Jumlah-Perhubungan dengan Mempertimbangkan Nilai Ambang

	Metakognitif Digital Scaffolding	Ketidaksesuaian Alat Digital	Tahap Motivasi Kendiri Pelajar	Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya
Metakognitif Digital Scaffolding	0	0	1.006	0.875
Ketidaksesuaian Alat Digital	0	0	0.864	0.692
Tahap Motivasi Kendiri Pelajar	0	0	0	0
Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya	0.742	0	0.949	0

Sumber: Analisis Penyelidik menggunakan kaedah Dematel

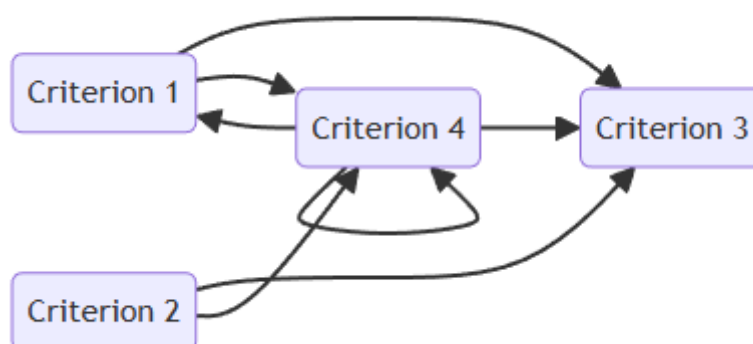
Matriks Hubungan Keseluruhan dengan Nilai Ambang menunjukkan hubungan pengaruh yang benar-benar signifikan dalam sistem setelah menapis pengaruh yang lemah atau kecil. Berdasarkan matriks ini, ia dengan jelas mengesahkan bahawa Metakognitif Digital Scaffolding dan Kualiti dengan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya kekal sebagai pemacu utama yang mempengaruhi faktor kritikal lain. Hubungan tertinggi adalah daripada Metakognitif Digital Scaffolding (F_1) ke atas Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F_3) dengan nilai 1.006, diikuti oleh pengaruh Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya (F_4) ke atas Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F_3) dengan nilai 0.949. Matriks ini juga menunjukkan bahawa Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F_3) terputus daripada mempengaruhi mana-mana faktor lain (semua nilai dalam barisnya adalah 0), menegaskan ia adalah faktor yang paling teruk terkesan dan menjadi faktor penerima (dependent) utama dalam sistem. Oleh itu, sebarang intervensi yang ingin meningkatkan PMM bukan rutin dalam talian perlu berfokus kepada peningkatan kompetensi guru dalam scaffolding digital dan struktur interaksi maya untuk kesan maksimum ke atas seluruh sistem.

Jadual 5: Hasil Akhir

	R	D	D+R	D-R
Metakognitif Digital Scaffolding	2.194	2.993	5.186	0.799
Ketidaksesuaian Alat Digital	1.77	2.471	4.241	0.702
Tahap Motivasi Kendiri Pelajar	3.199	1.523	4.722	-1.674
Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya	2.633	2.808	5.441	0.175

Sumber: Analisis Penyelidik menggunakan Kaedah Dematel

Jadual Dapatan akhir DEMATEL menunjukkan peranan setiap faktor kritikal dalam kekurangan pengajaran MBR Algebra dalam talian. Faktor Metakognitif Digital Scaffolding (F₁) dikenal pasti sebagai punca utama (key driver) kerana ia mempunyai nilai D-R tertinggi pada 0.799, bermakna ia adalah punca paling dominan yang mempengaruhi faktor-faktor lain. Kemudian diikuti oleh Ketidaksesuaian Alat Digital (F₂) juga berfungsi sebagai punca dengan nilai D - R positif (0.702). Sebaliknya, Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F₃) adalah faktor penerima (dependent) utama dengan nilai D - R yang paling negatif (-1.675) dan menunjukkan bahawa ia paling banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor lain serta merupakan akibat daripada kekurangan pengajaran tersebut. Ringkasnya secara keseluruhan (ditunjukkan oleh D+R), Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya (F₄) adalah yang paling kritikal (5.441), namun ia berfungsi sebagai faktor penghubung (linking factor) dengan D - R iaitu pencapaian menghampiri sifar (0.175) yang bermaksud faktor menerima dan juga memberi pengaruh.



Rajah Peta Hubungan Kausal Antara Faktor
(Criterion 1=F₁, Criterion 2=F₂, Criterion 3=F₃, Criterion 4=F₄)

Rajah Peta Hubungan Kausal Antara Faktor menunjukkan kedudukan setiap faktor berdasarkan nilai (D+R) pada paksi-X dan Hubungan Kausal (D-R) pada paksi-Y, yang menentukan sama ada faktor tersebut adalah pemacu atau penerima. Dua faktor, Metakognitif Digital Scaffolding (F₁) dan Ketidaksesuaian Alat Digital (F₂) adalah punca utama masalah sistem yang perlu diatasi terlebih dahulu. Faktor Kualiti dan Struktur Interaksi Kolaboratif Maya (F₄) pula adalah sebagai Penghubung (Linker) yang sangat penting kerana ia menerima dan memancarkan pengaruh dengan kuat. Akhir sekali, Tahap Motivasi Kendiri Pelajar (F₃) adalah kesan/akibat daripada kekurangan pada sistem, yang bermaksud sebarang penambahbaikan harus berfokus

pada peningkatan kompetensi guru (F_1) dan menyediakan alat yang sesuai (F_2) bagi memperbaiki motivasi pelajar (F_3).

Penghargaan

Terima kasih yang tidak terhingga kepada pakar-pakar yang sukarela membantu mengorbankan tenaga, waktu dan idea dalam kajian ini. Terima kasih juga untuk pihak OUM kampus induk Kuala Lumpur yang menyokong sehingga kajian ini selesai.

Rujukan

- Abdul Rahman, A. S., Mohd Nawi, H., & Mohd Yunus, A. S. (2017). Investigating mathematical problem-solving ability and metacognitive skills among Malaysian secondary school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2139–2150.
- Chan, W. F., Pua, K. P., & Ooi, J. K. (2020). Exploring the challenges faced by mathematics teachers during the implementation of online teaching and learning amidst COVID-19 pandemic.
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The role of collaboration in science learning: Promoting deep learning through collaborative problem solving. *Educational Psychologist*, 49(3), 193–213.
- Hanna, G., & Sidoli, R. (2007). The problem of proving in mathematics education. *ZDM Mathematics Education*, 39(1-2), 87–96.
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63–85.
- Kapur, M. (2016). The problem with teaching problem solving. *Cognition and Instruction*, 34(2), 163–182.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2018). Kurikulum Standard Sekolah Menengah: Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) Matematik.
- Kieran, C. (2007). Learning and teaching of algebra at the middle school through college levels: Unapologetic algebra. In F. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 707–762). Information Age Publishing.
- Kizilcec, R. F., Pérez-Sanagustín, M., & Maldonado, J. J. (2017). Self-regulated learning in online learning environments: Promoting metacognitive awareness and motivation in MOOCs. *Journal of Educational Technology & Society*, 20(2), 118–130.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- Lin, M. S., & Singh, P. (2015). Metacognitive scaffolding in technology-enhanced learning environments: A systematic review. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4), 169–181.
- Mabilangan, R. C., Limjap, A. A., & L. O. E. S. (2011). The role of non-routine problem solving in developing high-order thinking skills. *Asian Social Science*, 7(4), 11–18.
- Mahmud, J., Taha, H., & Yaacob, R. (2021). Analisis kesilapan pelajar dalam menyelesaikan masalah bukan rutin matematik menggunakan model Newman. *Jurnal Pendidikan Malaysia*.
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.
- PISA (Programme for International Student Assessment). (2017). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. OECD Publishing.
- Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.

- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334-370). New York: Macmillan.
- Schunk, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J. L. (2008). *Motivation in education: Theory, research, and applications* (3rd ed.). Pearson Education.
- Slavin, R. E. (2018). Cooperative learning and student achievement. *Educational Leadership*, 76(2), 52–57.
- Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2017). The effect of incorporating dynamic visualization and manipulation in instructional materials. *Educational Technology & Society*, 20(4), 177–189.
- Tsakeni, M., Nwafor, S.C., Mosia, M., & Egara, F.O. (2025). Mapping the scaffolding of metacognition and learning by AI tools in STEM classrooms: A bibliometric–systematic review approach. *Journal of Intelligence*, 13(11), 148.
- Tzeng, G. H., Chiang, C. H., & Li, C. W. (2007). Evaluating the total implementation cost of an industrial waste treatment system: A DEMATEL-based decision. *Energy Policy*, 35(8), 4153-4161.
- Voogt, J., Fisser, P., Roblin, N. P., & Handelzalts, A. (2012). Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109–121.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Zakaria, E., & Maat, S. M. (2020). Cabaran guru matematik dalam pengajaran Algebra tingkatan dua semasa pelaksanaan Perintah Kawalan Pergerakan.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13–39). Academic Press.
- Zuo, M., Kong, S., Ma, Y., Hu, Y., & Xiao, M. (2023). The effects of using scaffolding in online learning: A meta-analysis. *Education Sciences*, 13(7), 705. DOI:10.3390/educsci13070705