

Cabaran & Penambahbaikan Pedagogi Dalam Pengajaran Subjek Mekanik Bahan Di Politeknik Malaysia: Suatu Ulasan Naratif

Hasanul Hadi Bin M Saleh^{1*}, Rosniza Binti Ramli²

¹Department of Mechanical Engineering, Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin, 23000 Dungun, Terengganu

²Department of Electrical Engineering, Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin, 23000 Dungun, Terengganu

*Corresponding author E-mail: hasanul_hadi@psmza.edu.my

Abstrak

Kajian ini bertujuan mengenal pasti cabaran utama serta mencadangkan penambahbaikan pedagogi dalam pengajaran kursus Mekanik Bahan (*Strength of Materials*, SoM) di Politeknik Malaysia dalam program Diploma Kejuruteraan Mekanikal. Melalui pendekatan ulasan naratif, kajian ini menganalisis literatur berkaitan pelaksanaan *Outcome-Based Education* (OBE), kaedah pembelajaran berpusatkan pelajar (PBL dan PjBL), serta integrasi teknologi dan kemahiran insaniah dalam kelas. Hasil analisis mendapati wujudnya jurang ketara dalam keberkesanan pedagogi semasa yang terlalu berfokus kepada teori, pelaksanaan OBE yang tidak seragam, serta kekurangan penggunaan teknologi digital dan pembangunan kemahiran insaniah dalam kalangan pelajar. Antara saranan utama termasuklah penggunaan alat bantu digital seperti simulasi 3D dan perisian kejuruteraan (ANSYS, SolidWorks, CAD), pemantapan pemetaan CLO-PLO menerusi latihan pensyarah, dan pelaksanaan PBL secara sistematik. Kajian turut menekankan keperluan kajian empirikal pada masa hadapan bagi menilai keberkesanan pendekatan hibrid secara langsung dalam konteks pembelajaran sebenar. Penemuan ini memberikan sumbangan bermakna kepada pelaksanaan Pelan Tindakan Pendidikan TVET Negara 2021–2030, khususnya dalam usaha memperkasa pedagogi berimpak tinggi, meningkatkan kompetensi pensyarah dan melahirkan graduan politeknik yang responsif serta kompeten sejajar dengan keperluan industri global.

Key Words: *Mekanik Bahan, Pendidikan Kejuruteraan, Outcome-Based Education (OBE), Pembelajaran Berasaskan Projek (PBL), TVET Malaysia*

1.0 Pengenalan

Pengajaran kursus Mekanik Bahan (*Strength of Materials*, SoM) merupakan komponen teras dalam kurikulum kejuruteraan mekanikal di peringkat diploma politeknik, yang bertujuan membekalkan pelajar dengan pengetahuan asas dalam analisis struktur dan tingkah laku bahan di bawah pelbagai bentuk beban. Namun, realiti pengajaran subjek ini di institusi teknikal mendapati pelajar sering mengalami kesukaran memahami konsep abstrak kerana penekanan berlebihan terhadap teori tanpa pengukuhan melalui aplikasi praktikal. Cabaran ini diburukkan lagi oleh pelaksanaan *Outcome-Based Education* (OBE) yang tidak konsisten, serta kurangnya penggunaan strategi pedagogi interaktif dan teknologi digital dalam penyampaian kursus.

Kepentingan mengatasi isu ini amat kritikal memandangkan SoM adalah prasyarat penting kepada penguasaan kejuruteraan struktur dan bahan, serta mempunyai implikasi langsung terhadap kebolehpasaran graduan. Dalam konteks industri yang semakin menuntut kemahiran praktikal dan kebolehan menyelesaikan masalah secara kolaboratif, kelemahan dalam pengajaran SoM bukan sahaja menjejaskan pencapaian akademik pelajar, tetapi turut melemahkan persediaan mereka untuk menyertai pasaran kerja.

Pelbagai kajian terdahulu telah meneliti keberkesanan pendekatan OBE dan pembelajaran berasaskan reka bentuk dalam pendidikan kejuruteraan. Sebagai contoh, Liu & Shen (2024) melaporkan peningkatan signifikan dalam pemahaman dan prestasi pelajar apabila strategi pengajaran dan kandungan kursus disusun selaras dengan prinsip OBE. Galaleldin et al. (2018) pula menunjukkan bahawa pembelajaran kolaboratif berasaskan projek dapat meningkatkan kemahiran reka bentuk dan motivasi pelajar secara signifikan. Tambahan pula, pendekatan seperti model pembangunan bakat (Zhang et al. 2023), pembelajaran teradun konstruktivis (Muslim et al. 2021), dan strategi pembelajaran kinestetik Marwanto et al. (2020) telah menunjukkan keberkesanan dalam memperkukuh hasil pembelajaran dalam kursus kejuruteraan.

Kajian menunjukkan bahawa pelaksanaan strategi pembelajaran aktif dan hasil-berorientasikan dalam subjek kejuruteraan mekanikal mampu meningkatkan pencapaian pelajar secara signifikan, khususnya apabila disokong oleh teknologi dan penilaian berterusan (Nizaruddin et al. 2019).

Walau bagaimanapun, masih wujud jurang yang ketara dalam literatur berkaitan pelaksanaan pendekatan ini dalam mata pelajaran teknikal khusus seperti SoM di peringkat diploma, khususnya di institusi TVET. Kajian-kajian lepas cenderung memberi fokus kepada OBE secara umum tanpa membincangkan kesesuaiannya dalam konteks pedagogi teknikal yang memerlukan visualisasi, simulasi, dan penglibatan praktikal. Di samping itu, integrasi kemahiran insaniah serta teknologi digital dalam pengajaran SoM masih belum diteroka secara mendalam.

Sehubungan itu, kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti cabaran pedagogi dan sistemik dalam pengajaran SoM di politeknik, meneliti pelaksanaan OBE dalam konteks subjek teknikal, serta mencadangkan pendekatan pedagogi dan teknologi yang lebih berkesan dan bersifat holistik. Objektif kajian merangkumi analisis cabaran semasa, penilaian kesesuaian pelaksanaan OBE dan juga pembangunan cadangan berasaskan amalan terbaik yang dapat menyokong transformasi pengajaran SoM ke arah pembelajaran yang lebih responsif sejajar dengan keperluan industri.

2.0 Objektif Kajian

- i. Mengetahui cabaran pedagogi dan sistemik dalam pengajaran SoM;
- ii. Menganalisis pelaksanaan OBE dalam konteks mata pelajaran teknikal;
- iii. Mencadangkan pendekatan pedagogi dan teknologi yang boleh meningkatkan keberkesanan pengajaran dan pembelajaran.

3.0 Sorotan Kajian Terdahulu

Pelaksanaan pedagogi dalam pendidikan kejuruteraan terus berkembang selaras dengan keperluan industri dan tuntutan pembelajaran abad ke-21. Kajian seperti oleh Dogara et al. (2020a) menunjukkan bahawa pendekatan pembelajaran berasaskan projek (*Project-Based Learning*, PjBL) bukan sahaja berkesan dalam meningkatkan penguasaan kandungan teknikal, malah turut memperkukuh kemahiran insaniah pelajar seperti komunikasi dan kerja berpasukan. Pendekatan seperti ini disokong oleh Chou & Chang (2018) yang membuktikan bahawa saiz kumpulan yang lebih kecil dalam pembelajaran berasaskan projek memberi kesan positif terhadap kepuasan dan prestasi pelajar. Manakala, Hande et al. (2015) melaporkan bahawa pelaksanaan pembelajaran berasaskan masalah (*Problem-Based Learning*, PBL) dalam kurikulum penyelidikan perubatan berjaya meningkatkan pengalaman pembelajaran dan sikap profesional pelajar, menunjukkan potensinya dalam konteks kejuruteraan juga.

Dalam konteks OBE pula, pelbagai kajian membuktikan keberkesanannya dalam meningkatkan hasil pembelajaran kejuruteraan. Liu & Shen (2024) melaporkan bahawa reformasi pengajaran berasaskan OBE dalam kursus "*Materials for Mechanical Engineering*" berjaya menyelaraskan objektif kursus dengan standard akreditasi profesional. Kajian oleh Zamir et al. (2022) mendapati bahawa sistem OBE adalah lebih unggul berbanding kaedah pengajaran tradisional dari aspek pencapaian pelajar, penyampaian subjek dan teknik pengajaran. Walau bagaimanapun, Ag Damit et al. (2021) menekankan bahawa pelaksanaan OBE di institusi vokasional Malaysia masih menghadapi cabaran besar seperti beban kerja pensyarah dan sistem yang tidak stabil, menunjukkan keperluan terhadap latihan berterusan dan sokongan pentadbiran.

Dari sudut penggunaan teknologi dalam pengajaran kejuruteraan pula, integrasi perisian simulasi dan alat digital dilihat mampu meningkatkan kefahaman mengenai konsep abstrak seperti tingkah laku bahan terhadap faktor-faktor luaran. Kajian oleh Jamison et al. (2014a) menyokong pendekatan hibrid yang menggabungkan kaedah PBL dan PjBL dengan teknologi digital sebagai strategi transformatif dalam pendidikan kejuruteraan. Kajian ini turut menekankan keperluan menyediakan persekitaran pembelajaran yang fleksibel dan berasaskan pengalaman. Penemuan ini memberi implikasi kepada reka bentuk kurikulum dan latihan pensyarah agar lebih menyokong integrasi teknologi secara efektif dalam bilik darjah. Jadual 1 menunjukkan perbandingan kajian terdahulu. Jadual ini membandingkan pendekatan kajian, sasaran, isu yang dikenalpasti, dan cadangan penambahbaikan dalam pelaksanaan *Outcome-Based Education* (OBE) dalam konteks kejuruteraan dan vokasional.

Jadual 1: Perbandingan Kajian Perlaksanaan OBE

Penyelidik / Tahun	Reka Bentuk Kajian	Sasaran Kajian	Fokus Kajian	Pendekatan Pengajaran	Isu / Cabaran Dikenal Pasti	Cadangan Penambahbaikan
Kavitha & Karthika, (2023)	Kajian kes	Kursus kejuruteraan di Kumaguru College of Technology	Pelaksanaan OBE dan penambahbaikan	Perancangan 3 fasa, penyesuaian pengajaran	Cabaran dalam penyesuaian dan penilaian berterusan	Penetapan sasaran berdasarkan data lepas, analisis mikro
Shaheen S, (2020)	Teoretikal	Pendidikan kejuruteraan umum	Asas falsafah OBE	Pendekatan konseptual	Cabaran implementasi OBE	Penambahbaikan kefahaman dan struktur teori
Zamir et al. (2022)	Analisis perbandingan	Pelajar OBE vs bukan OBE	Keberkesanan sistem OBE	OBE vs kaedah tradisional	Kaedah tradisional kurang efektif	Penekanan pada analisis maklum balas dan skor
Ag Damit et al., (2021)	Kualitatif	Guru Kolej Vokasional Malaysia	Cabaran pelaksanaan OBE	Temu bual separa berstruktur	Beban kerja, sistem tidak stabil	Penambahbaikan pemantauan & latihan guru
Sutrisno et al., (2021)	Rekabentuk pelan pengajaran	Kursus Teknologi Bahan	Reka bentuk Rancangan Program Semester (RPS) berasaskan OBE	Validasi pakar dan uji rintis	Keperluan kesesuaian dengan piawaian OBE	Instrumentasi dan pelaksanaan RPS
Ag Damit et al. (2021)	Deskriptif	Kursus kejuruteraan	Keberkesanan OBE	Kaedah langsung dan tidak langsung	Isu pelaporan dan pemetaan CO-PO (<i>Course Outcomes, Prog Outcomes</i>)	Struktur komponen OBE dan pelarasan penilaian

3.0 Metodologi

Kajian ini menggunakan pendekatan ulasan naratif (*narrative review*) bagi meneliti isu-isu berkaitan pengajaran dan pembelajaran subjek Mekanik Bahan (*Strength of Materials*, SoM) dalam kalangan pelajar diploma kejuruteraan. Ulasan naratif dipilih kerana ia membolehkan penyelidik menghuraikan fenomena secara mendalam dan menyeluruh berdasarkan pelbagai perspektif literatur sedia ada. Pendekatan ini amat sesuai dalam konteks pendidikan kejuruteraan yang bersifat kompleks dan memerlukan penilaian pelbagai dimensi termasuk pedagogi, pelaksanaan *Outcome-Based Education* (OBE), integrasi teknologi, dan pembangunan kemahiran insaniah.

Pemilihan artikel dilakukan secara purposif, iaitu berdasarkan kesesuaian kandungan dengan objektif kajian. Artikel yang dipilih terdiri daripada kajian empirikal, ulasan sistematik, serta laporan dasar dan pendidikan berkaitan TVET dan kejuruteraan. Carian literatur dijalankan melalui platform akademik utama seperti *Google Scholar*, *Jurnal Teknologi*, dan pangkalan data prosiding persidangan antarabangsa. Kata kunci yang digunakan termasuk “*engineering education challenges*”, “*Strength of Materials pedagogy*”, “*Outcome-Based Education Malaysia*”, dan “*technical and vocational education*”.

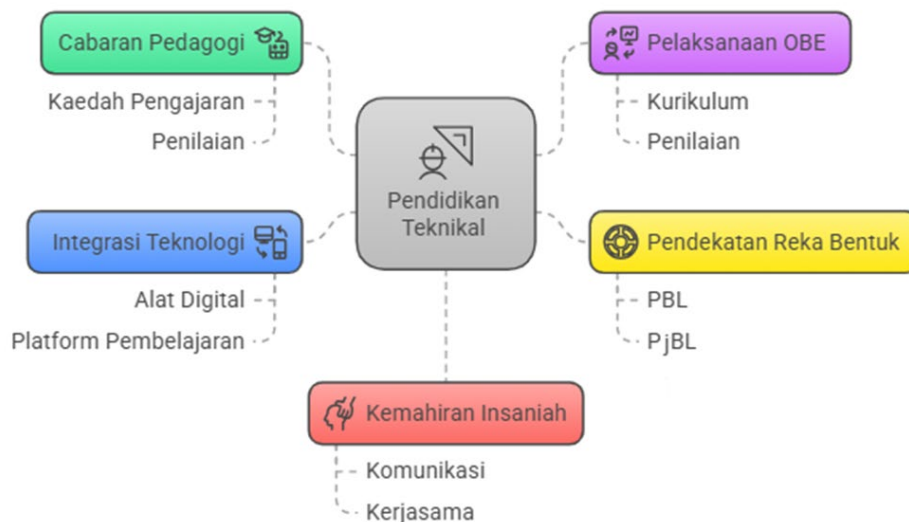
Penilaian kualiti sumber dilakukan dengan merujuk kepada jurnal yang di semak (*reviewed*), kadar petikan (*citation*), serta kesahihan metodologi yang digunakan dalam kajian terdahulu. Sumber juga disemak melalui *Scite* dan *Elicit* untuk menilai sokongan saintifik dan pengaruh kajian terhadap penyelidikan lain. Dapatan literatur yang diperoleh kemudiannya disusun mengikut tema utama yang dikenal pasti, termasuk cabaran pedagogi, pelaksanaan OBE, kaedah pembelajaran berasaskan reka bentuk, integrasi teknologi, dan kemahiran insaniah. Setiap tema dikupas secara kritikal dan disertakan dengan cadangan strategik berdasarkan sintesis bukti yang kukuh. Rumusan Langkah-langkah dalam menjalankan prosedur kajian ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1: Langkah-langkah Prosedur Kajian

4.0 Dapatan kajian

Dapatan kajian mengenai cabaran & strategi dalam pendidikan teknikal disusun mengikut lima tema utama seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.



Rajah 2: Cabaran dan Strategi Dalam Pendidikan Teknikal

4.1 Cabaran Pedagogi Subjek Teknikal

Dapatan kajian menunjukkan bahawa antara cabaran utama dalam pengajaran dan pembelajaran subjek Mekanik Bahan (*Strength of Materials*, SoM) ialah penekanan berlebihan terhadap teori tanpa sokongan pelaksanaan praktikal yang mencukupi (Liu & Shen, Zhang et al.). Keadaan ini menyukarkan pelajar untuk mengaitkan konsep abstrak seperti tegasan, regangan dan kelakuan bahan dengan aplikasi sebenar dalam dunia kejuruteraan. Tambahan pula, kurikulum yang kurang dikemas kini dan tidak selari dengan kehendak industri semasa turut menjadikan pembelajaran tidak relevan kepada keperluan kerjaya selepas tamat pengajian.

4.2 Pelaksanaan dan Impak OBE

Pelaksanaan *Outcome-Based Education* (OBE) yang tidak seragam turut dikenal pasti sebagai satu cabaran sistemik. Pensyarah menghadapi kekeliruan dalam pemetaan *Course Learning Outcomes* (CLO) kepada *Program Learning Outcomes* (PLO) (Ag Damit et al., 2021). Kekeliruan ini memberi kesan terhadap kaedah penilaian dan penyampaian kandungan, sekali gus menjejaskan keberkesanan pencapaian hasil pembelajaran pelajar. Isu ini menunjukkan keperluan kepada latihan sistematik, pemantauan pelaksanaan, dan penghasilan dokumen panduan yang lebih jelas kepada tenaga pengajar.

4.3 Penggunaan Pendekatan Reka Bentuk (PBL & PjBL)

Pendekatan pembelajaran berasaskan reka bentuk seperti *Problem-Based Learning* (PBL) dan *Project-Based Learning* (PjBL) dicadangkan sebagai antara strategi pedagogi yang dapat menangani kelemahan dalam penyampaian subjek teknikal (Dogara et al., 2020, Hande et al., 2015, Nizaruddin et al., 2019, & Jamison et al., 2014). Pendekatan ini mampu meningkatkan penglibatan pelajar melalui tugas kontekstual, kolaboratif dan berasaskan penyelesaian masalah. Ia juga memupuk keupayaan pelajar untuk mengaplikasikan pengetahuan teori dalam konteks dunia sebenar serta meningkatkan pemikiran analitikal dan reflektif.

4.4 Integrasi Teknologi Digital dalam Proses Pengajaran

Penggunaan teknologi pengajaran moden seperti simulasi 3D, aplikasi AR/VR serta perisian kejuruteraan seperti ANSYS, SolidWorks, Autodesk, penting dalam menyokong proses pembelajaran. Alat digital ini membantu pelajar mem-visualisasi-kan konsep abstrak dan

memahami tingkah laku bahan dengan lebih mendalam. Justeru, integrasi teknologi secara sistematik dalam kelas boleh meningkatkan keberkesanan penyampaian serta menarik minat pelajar dalam subjek yang bersifat teknikal dan kompleks (Jamison et al., 2014).

4.5 Pembangunan Kemahiran Insaniah

Selain kemahiran teknikal, kemahiran insaniah seperti komunikasi, kerja berpasukan, dan kepimpinan sering kali kurang diberi penekanan kerana kekangan masa dan keutamaan kandungan silibus. Kajian mencadangkan supaya elemen soft skills ini diintegrasikan dalam aktiviti pengajaran seperti tugas berkumpulan dan pembentangan projek. Pelaksanaan aktiviti yang menggalakkan interaksi sosial, penyelesaian konflik dan kolaborasi dapat menyumbang kepada pembangunan pelajar yang lebih seimbang dan bersedia memasuki pasaran kerja (Dogara et al., 2020b).

Jadual 2 memperincikan pelbagai jenis alat bantu digital seperti simulasi 3D, perisian rekabentuk kejuruteraan, dan teknologi AR/VR yang boleh digunakan dalam pengajaran subjek Mekanik Bahan. Setiap alat dikaitkan dengan objektif pembelajaran spesifik seperti pemahaman konsep tegasan dan regangan, serta kemahiran aplikasi praktikal. Jadual ini dirangkumkan daripada beberapa sumber untuk menilai tahap kebolegunaan beberapa jenis alat dalam konteks pengajaran di peringkat diploma, seterusnya menunjukkan tahap potensi untuk meningkatkan interaktiviti dan kefahaman pelajar.

Jadual 2 : Jenis Alat Bantu Digital Yang Sesuai Dalam Pengajaran Mekanik Bahan

Jenis Alat Digital	Objektif Pembelajaran	Tahap Kebolegunaan (Skala 1-5)	Sumber
Simulasi 3D (contoh: Algodoo, ANSYS)	Memvisualisasikan tingkah laku bahan seperti tegasan dan regangan secara interaktif	Tinggi – sesuai untuk pemahaman konsep abstrak	Roopa & Hunashyal, 2020; Zhao et al., 2023
Aplikasi AR/VR	Menyediakan persekitaran eksperimen maya bagi menggantikan makmal sebenar	Sederhana hingga tinggi – bergantung pada infrastruktur	Zhao et al., 2023
Perisian CAD/CAE (SolidWorks, AutoCAD)	Mengaplikasikan konsep reka bentuk struktur dan analisis elemen terhingga	Tinggi – relevan dengan kehendak industri	(Jamison et al., 2014)
LMS dan video interaktif	Memberi sokongan sendiri melalui pembelajaran berasaskan modul atau mikro-pembelajaran	Tinggi – mesra pengguna dan mudah diakses	Purba et al., 2022

5.0 Perbincangan

Dapatan kajian menunjukkan bahawa pengajaran subjek teknikal seperti Mekanik Bahan masih dibelenggu oleh pendekatan pedagogi yang terlalu berorientasikan teori dan kurang menekankan aplikasi praktikal. Hal ini menyebabkan pelajar gagal membina hubungan bermakna antara konsep abstrak seperti tegasan dan regangan dengan situasi sebenar kejuruteraan. Kelemahan ini berakar daripada kurikulum yang tidak dikemas kini selaras dengan perkembangan teknologi dan kehendak industri, menjadikan kandungan pengajaran kurang relevan terhadap keperluan semasa kerjaya. Oleh itu, pendekatan yang lebih seimbang antara teori dan aplikasi amat diperlukan bagi memastikan keberkesanan pembelajaran.

Selain itu, pelaksanaan *Outcome-Based Education* (OBE) yang tidak seragam telah mengundang kekeliruan dalam kalangan pensyarah, khususnya dalam pemetaan antara *Course Learning Outcomes* (CLO) dan *Program Learning Outcomes* (PLO). Kekaburan ini memberi kesan terhadap keberkesanan penyampaian kandungan serta kaedah penilaian yang digunakan. Dapatan ini mencerminkan keperluan mendesak untuk menyediakan latihan berkala, dokumen garis panduan yang jelas, serta sistem pemantauan bagi memastikan pelaksanaan OBE lebih konsisten dan menyeluruh.

Bagi menangani cabaran pedagogi tersebut, pendekatan seperti Problem-Based Learning (PBL) dan Project-Based Learning (PjBL) telah dikenalpasti sebagai strategi efektif. Melalui pendekatan ini, pelajar bukan sahaja terlibat secara aktif dalam tugas berasaskan projek dan penyelesaian masalah, malah berpeluang menghubungkan teori dengan amalan secara langsung. Kesan positifnya termasuk peningkatan motivasi pelajar, pembangunan kemahiran reflektif, serta pengukuhan keupayaan analitikal.

Akhir sekali, integrasi teknologi digital dalam proses pengajaran dan pembelajaran memainkan peranan penting dalam menjadikan pembelajaran subjek teknikal lebih interaktif dan berkesan. Alat seperti simulasi 3D dan perisian reka bentuk membolehkan pelajar memahami konsep kompleks dengan lebih mudah. Bersama-sama dengan integrasi kemahiran insaniah dalam aktiviti bilik darjah, pendekatan menyeluruh ini mampu melahirkan graduan yang bukan sahaja kompeten secara teknikal, tetapi juga memiliki keupayaan komunikasi, kepimpinan dan kerjasama berpasukan yang tinggi.

6.0 Kesimpulan

Kajian ini telah mengenal pasti cabaran utama dalam pengajaran subjek Mekanik Bahan (*Strength of Materials*, SoM) di peringkat diploma, termasuk kekangan pedagogi berasaskan teori semata-mata, pelaksanaan Outcome-Based Education (OBE) yang tidak seragam, serta kekurangan integrasi teknologi digital dan pembangunan kemahiran insaniah. Objektif kajian telah dicapai dengan menganalisis aspek-aspek kritikal ini serta mencadangkan pendekatan pedagogi berasaskan reka bentuk (PBL dan PjBL), penggunaan alat digital seperti simulasi 3D dan perisian kejuruteraan, dan penstrukturan semula latihan pensyarah untuk meningkatkan pemetaan CLO–PLO.

Namun, kelemahan utama kajian ini terletak pada keterbatasan data empirikal secara kuantitatif, yang memberi ruang kepada kajian masa hadapan untuk menjalankan kajian lapangan secara sistematik bagi menilai keberkesanan intervensi yang dicadangkan. Kajian lanjutan disaran untuk menguji keberkesanan pendekatan hibrid dalam bilik darjah sebenar serta menilai impak latihan berkala kepada pensyarah dalam meningkatkan konsistensi pelaksanaan OBE. Tambahan pula, integrasi teknologi baru seperti kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran teradun perlu diteroka untuk memperkukuh pengajaran subjek teknikal.

Sumbangan kajian ini adalah penting dalam memperkukuh landskap pendidikan TVET negara, sejajar dengan Pelan Tindakan Pendidikan TVET Negara 2021–2030 yang menekankan pemerkasaan pedagogi berimpak tinggi, peningkatan kompetensi tenaga pengajar, dan penyelarasan hasil pembelajaran dengan kehendak industri. Kajian ini menyediakan asas yang kukuh bagi penambahbaikan dasar dan amalan pengajaran, khususnya dalam menghasilkan graduan politeknik yang berdaya saing, responsif, dan seimbang dari segi kemahiran teknikal serta insaniah.

Rujukan

Ag Damit, M. A., Omar, M. K., & Mohd Puad, M. H. (2021a). *Issues and Challenges of Outcome-based Education (OBE) Implementation among Malaysian Vocational*

- College Teachers*. International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 11(3). <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v11-i3/8624>
- Chou, P. N., & Chang, C. C. (2018). *Small or large? The effect of group size on engineering students' learning satisfaction in project design courses*. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 14(10).
- Dogara, G., Saud, M. S. Bin, Kamin, Y. Bin, & Nordin, M. S. Bin. (2020a). *Project-Based Learning Conceptual Framework for Integrating Soft Skills Among Students of Technical Colleges*. IEEE Access, 8, 83718–83727. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992092>
- Galaleldin, M., Anis, H., Dumond, P., & Knox, D. (2018). *Scaffolding Strategies for Teaching Engineering Design in a Collaborative Project-based Learning Environment*. Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA). <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.10548>
- Hande, S., Mohammed, C. A., & Komattil, R. (2015a). *Acquisition of knowledge, generic skills and attitudes through problem-based learning: Student perspectives in a hybrid curriculum*. Journal of Taibah University Medical Sciences, 10(1), 21–25.
- Jamison, A., Kolmos, A., & Holgaard, J. E. (2014a). *Hybrid learning: An integrative approach to engineering education*. Journal of Engineering Education, 103(2), 253–273.
- Liu, F., & Shen, J. (2024). *Research on the Teaching Reform and Assessment Method of "Materials for Mechanical Engineering" Course Based on Outcome-Based Education*. Curriculum and Teaching Methodology, 7(1). <https://doi.org/10.23977/curtm.2024.070112>
- Marwanto, A., Wibowo, Y. E., Djatmiko, R. D., & Wijaya, R. C. (2020). *Kinesthetic intelligence in welding practice lectures*. Journal of Physics: Conference Series, 1700(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1700/1/012022>
- Muslim, M., K, A. H., & Saragih, A. H. (2021). *Effectiveness of Constructivistic-Based Blended Learning Model Through Computer Numerical Control Courses*. Advances in Social Sciences Research Journal, 8(3), 1–9. <https://doi.org/10.14738/assrj.83.9804>
- Nizaruddin, Dr., Muhtarom, Dr., & Zuhri, M. S. (2019). *Improving Mechanical Engineering Students' Achievement in Calculus through Problem-based Learning*. Universal Journal of Educational Research, 7(12), 2729–2733. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.071221>
- Purba, S., Maruli Tua Pakpahan, B., & Indra Sinaga, F. (2022, December 29). *Improving Learning Outcomes of Corrosion and Coating Engineering through Blended Learning Module Based on Materials of Mechanical Engineering Educational Students, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Medan*. <https://doi.org/10.4108/eai.11-10-2022.2325373>
- Zamir, M. Z., Abid, M. I., Fazal, M. R., Qazi, M. A. A. R., & Kamran, M. (2022). *Switching to Outcome-Based Education (OBE) System, a Paradigm Shift in Engineering Education*. IEEE Transactions on Education, 65(4), 695–702. <https://doi.org/10.1109/TE.2022.3169184>
- Zhang, H., Bian, B., & Yin, J. (2023). *Research on the Talent Cultivation Model of Science and Engineering Majors under the OBE Concept: A Case Study of Mechanical Engineering Major*. International Journal of New Developments in Education, 5(26). <https://doi.org/10.25236/IJNDE.2023.052605>
- Zhao, J., Li, J., Li, J., Li, J., Guo, K., Jiang, Z., & Li, M. (2023). *Research on the Construction of Virtual Simulation Training System for Intelligent Manufacturing Based on Outcomes - Based Education Concept*. SHS Web of Conferences, 171, 03024. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202317103024>