

Kesediaan Institusi TVET Ke Arah Penggunaan Teknologi Kecerdasan Buatan Dalam Era Digital

TVET Institutions' Readiness towards the Use of Artificial Intelligence Technology in the Digital Era

Aida Amalina Ab. Jalil¹, Lee Ming Foong^{1*}

¹ Fakulti Pendidikan Teknikal dan Vokasional,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

*Corresponding Author: mflee@uthm.edu.my
DOI: <https://doi.org/10.30880/jttr.2025.03.02.003>

Maklumat Artikel

Diserah: 16 November 2025
Diterima: 22 November 2025
Diterbitkan: 31 Disember 2025

Kata Kunci

Kecerdasan buatan, TVET, pengintegrasian teknologi, kesediaan institusi, model kesediaan AI

Abstrak

Artikel ini membincangkan perkembangan dan pengintegrasian Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence, AI) dalam pendidikan, khususnya Pendidikan dan Latihan Teknikal dan Vokasional (TVET). AI telah berkembang sejak 1956 daripada aplikasi awal seperti perisian permainan dan sistem terjemahan mesin kepada teknologi moden seperti pembelajaran mesin, pengenalan imej, pemprosesan bahasa semula jadi, dan sistem bimbingan pintar. Dalam pendidikan, AI berpotensi meningkatkan kecekapan pengajaran, pembelajaran, pentadbiran, pembangunan kurikulum, bimbingan kerjaya, serta latihan praktikal melalui simulasi dan realiti maya.

Keywords

Artificial intelligence, TVET, technology integration, institutional readiness, AI readiness model

Abstract

This article discusses the development and integration of Artificial Intelligence (AI) in Technical and Vocational Education and Training (TVET), particularly in education. AI has evolved significantly since 1956, progressing from early applications such as gaming software and machine translation systems to modern technologies like machine learning, image recognition, natural language processing, and intelligent guidance systems. In education, AI has the potential to enhance the efficiency of teaching, learning, administration, curriculum development, career guidance, and practical training through the use of simulation and virtual reality.

1. Pengenalan

Dasar Teknologi Kecerdasan Buatan Kecerdasan Buatan atau lebih dikenali sebagai Artificial Intelligent (AI) telah diperkenalkan oleh John McCarthy yang juga dikenali sebagai Bapa AI pada tahun 1956. Sejarah penemuan Kecerdasan Buatan (AI) sangat rumit dan panjang yang mana melibatkan perkembangan dan evolusi selama beberapa dekad. Rajah 2.0 menunjukkan sejarah pembangunan Kecerdasan Buatan (AI). Rajah 2.0 Sejarah Pembangunan Kecerdasan Buatan (AI) (Jin et al., 2018).

Pada mulanya, para penyelidikan memberi tumpuan kepada kewujudan algorithma dan model yang dimana boleh memreplikasi proses pengambilan keputusan manusia. Dengan ini terciptanya aplikasi AI awalan, seperti perisian permainan (gaming software) dan sistem terjemahan mesin (machine translation, MT). Malangnya, pembangunan model AI menjadi lambat dan terjejas disebabkan kapasiti pemprosesan yang kurang dan terhad.

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license.



Oleh itu pada tahun 1980 sehingga 1990, AI mengalami kelahiran semula, dengan penciptaan algoritma dan perisian seperti rangkaian saraf (neural network) dan pembelajaran mesin (machine learning). Aplikasi AI moden seperti pengenalan imej (image recognition), pemprosesan bahasa semulajadi dan kereta autonomi terhasil daripada kemajuan teknologi (Jin et al., 2018). Transformasi Kecerdasan Bantuan (AI) dalam penyelidikan dan pembangunan telah berkembang pesat pada abad ke-21, ini terhasil dalam kuasa pengkomputeran, penyimpanan data dan lain-lain telah digunakan dalam pelbagai sektor seperti sektor pembuatan, pengangkutan, kewangan dan pendidikan. Meskipun penggunaan AI semakin pesat, akan tetapi masih mempunyai pelbagai rintangan yang perlu dihadapi seperti mencipta kerangka etika AI, menjamin privasi dan keselamatan data serta menghentikan algoritham yang berat sebelah. Penciptaan AI memberikan motivasi dan ketekunan sepanjang penciptaan sejarah kecerdasan buatan (AI) (Tewari & Bose, 2023). Kemajuan teknologi Kecerdasan Buatan (AI) pada zaman kini telah memberi impak kepada perubahan drastik dalam pelbagai bidang terutama bidang pendidikan di seluruh dunia. Antara aplikasi yang selalu diguna pakai adalah aplikasi Chat GPT (Generative Pre-trained Transformer) yang mempunyai kemampuan untuk menghasilkan teks yang menyerupai manusia dari segi memahami petunjuk kontekstual dalam percakapan (Diantama, 2023).

Pembangunan dan pelaksanaan kecerdasan buatan (AI) dipacu oleh pelbagai roadmap bagi memastikan pelan dan strategi berstruktur dapat disediakan dalam proses pengintegrasian AI dalam bidang yang pelbagai. Roadmap ini merangkumi elemen dalam mengatasi cabaran, merangka keutamaan dan menggariskan kaedah serta langkah-langkah dalam mencapai pengintegrasian AI yang berjaya. Terdapat pelbagai roadmap yang memfokuskan kepada teknologi AI, antaranya ialah Alat Pelan Hala Tuju Strategik AI (AI Strategic Roadmap Tool- aiSTROM) yang menyediakan rangka kerja praktikal secara komprehensif kepada pelbagai pihak berkepentingan untuk menjayakan proses pengintegrasian AI (Herremans, 2021). Selain itu, roadmap untuk penggunaan Edge AI telah dibangunkan untuk memaksimumkan keupayaan AI/ML untuk meningkatkan pengalaman pengguna, pengaksesan rangkaian serta privasi (Ding et al., 2022). Terdapat juga roadmap pengintegrasian AI yang dibangunkan dalam sektor penerbangan oleh European Union Aviation Safety Agency (EASA) pada tahun 2020, yang menggariskan panduan menangani cabaran etika, keselamatan, dan peraturan serta meletakkan asas bagi peraturan baharu dalam aplikasi AI (Emanuilov & Dheu, 2021). Dalam kajian Lourens et al. (2023), mencadangkan roadmap untuk reka bentuk pembangunan sistem berkuasa AI merangkumi cadangan menangani cabaran dalam pemodelan sistem, pengurusan data, pemilihan algoritma AI serta pelaksanaan perkakasan terhadap rangkaian komunikasi yang mengoptimalkan keupayaan AI. Tidak ketinggalan juga, Malaysia telah mengikuti langkah yang efektif bagi memastikan proses pengintegrasian AI berjaya dan berkesan.

Oleh itu, Malaysia telah melancarkan AI Roadmap (AI-RMAP) pada tahun 2021 melalui pelancaran Malaysia National Artificial Intelligence Roadmap 2021-2025 yang bertujuan untuk meningkatkan ekosistem inovasi AI di negara ini dan menjadikan Malaysia sebagai negara berteknologi tinggi menjelang 2030 (Aziz, 2024). AI-RMAP menggariskan kepentingan AI dalam memacu pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan daya saing negara sebagai sebahagian daripada Revolusi Perindustrian 4.0. Hal yang demikian sejajar dengan dasar negara seperti Dasar Kebangsaan Sains, Teknologi dan Inovasi (DSTIN) 2021-2030 dan Pelan Tindakan Ekonomi Digital Malaysia. Ai-RMAP juga menekankan kerjasama strategik antara pihak berkepentingan kerajaan, akademik, industri dan masyarakat (model quadruple helix) yang memupuk ekosistem inovasi AI, termasuklah strategi utama dalam mewujudkan tadbir urus AI yang stabil dan kukuh, memajukan penyelidikan dan pembangunan AI, meningkatkan infrastruktur digital, memupuk bakat AI, dan memperkenalkan reka bentuk dan aplikasi AI yang bertanggungjawab. Justeru, Ai-RMAP ini direka bentuk menjadi dokumen yang dinamik dan fleksibel yang menyesuaikan diri dengan perubahan teknologi dan persekitaran untuk memastikan Malaysia berdaya saing dalam global kini (Aziz, 2024).

2. Kecerdasan Buatan Dalam Pendidikan

Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligent, AI) semakin berkembang pesat dalam pelbagai sektor terutama dalam bidang pendidikan. Penggunaan AI dapat meningkatkan kecekapan dan keberkesanan dalam sistem pendidikan Malaysia seperti pembelajaran adaptif (adaptive learning), analisis ramalan (predictive analytics), sistem tunjuk ajar pintar (intelligent tutoring), pemprosesan bahasa semula jadi (natural language processing), dan gamifikasi (gamification). Evolusi AI dalam pelbagai bidang dijangka akan lebih berkembang maju di masa hadapan (Juwika, 2023). Pendidikan memainkan peranan penting bagi membentuk generasi bijak pandai yang mampu memimpin kearah pembangunan sesuatu negara (Balanadam & Jamaluddin, 2021)). Kecekapan dan keberkesanan dalam sistem pendidikan bukan mudah untuk dicapai, namun dengan kehadiran teknologi seperti AI mampu menjadi solusi bagi permasalahan yang dihadapi oleh sistem pendidikan Malaysia seperti jumlah pelajar yang ramai, kurangnya sumber daya manusia, masalah kewangan serta kebatasan waktu dalam menyampaikan ilmu yang menjadi antara punca pendidikan yang tidak berkualiti sekali gus melahirkan graduan yang tidak berkualiti serta tidak dapat memenuhi keperluan industri.

Kecerdasan buatan (AI) adalah teknologi peniruan mesin atas pelbagai kemahiran manusia yang kompleks. AI dicipta bagi mengalihkan kemampuan manusia kepada mesin agar mesin dapat melakukan tugas-tugas yang

sepatutnya dilakukan manusia (Sheikh et al., 2023). Hal ini dapat diyakinkan oleh beberapa penyelidik bersetuju bahawa AI mampu menyelesaikan masalah yang dapat diselesaikan oleh manusia yang kebiasaannya menggunakan pendekatan tradisional (Xu et al., 2021). Namun penggunaan AI harus dikendalikan hanya untuk kepentingan dan memberikan impak positif kepada masyarakat terutama dalam sektor pendidikan. Pada zaman kini, penggunaan teknologi canggih seperti kecerdasan buatan (AI), pembelajaran mesin, dan Internet of Things (IoT) dalam sesi pengajaran dan pembelajaran diklarifikasikan sebagai Pendidikan 4.0 (Kuzlu et al., 2021). Pendidikan 4.0 ini dapat memenuhi objektif falsafah pendidikan Malaysia abad ke-21. Teknologi AI dapat digunakan untuk meningkatkan motivasi dan pengalaman ilmiah bukan sahaja tertumpu kepada para pelajar tetapi melibatkan semua lapisan struktur dalam organisasi pendidikan mendorong kolaborasi serta melahirkan graduan yang holistik. Penyalahgunaan AI mampu memberikan impak yang negatif kepada semua tahap dalam pendidikan. Oleh itu setiap entiti dalam sistem pendidikan haruslah memainkan peranan dalam memahami ilmu teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam konteks nilai iaitu etika dan nilai serta meneliti pemahaman bagaimana pengetahuan diperoleh, diterapkan dan dinilai dalam konteks etika dan nilai-nilai pendidikan tinggi bagi memastikan manfaat teknologi AI dapat digunakan dengan sebaik mungkin (Gonzalez, 2015).

3. Jenis-Jenis Kecerdasan Buatan dalam Pendidikan TVET

Kecerdasan buatan (AI) merupakan alatan yang menawarkan kepelbagaian jenis teknologi yang berupaya meningkatkan pengalaman pengajaran dan pembelajaran dalam pendidikan. Berikut merupakan sebahagiannya.

3.1 Sistem pembelajaran adaptif

Menurut Rosyadi (2023), menyatakan salah satu aplikasi AI yang sedang giat digunakan adalah sistem pembelajaran adaptif. Sistem ini menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk menyesuaikan kandungan pendidikan mengikut keperluan dan gaya pembelajaran individu pelajar. Melalui sistem ini, ianya secara tidak langsung dapat meningkatkan penglibatan dan hasil pembelajaran dalam pendidikan.

3.2 Mesin Ujian Pemampatan Maya (VCTM)

Jenis kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan ialah Mesin Ujian Pemampatan Maya (VCTM). VCTM merupakan teknologi AI yang sering digunakan di pembangunan makmal maya, berupaya menyediakan pelajar menjalani eksperimen dalam persekitaran maya yang selamat dan terkawal. VCTM ini sangat berguna dan diperlukan dalam dunia pendidikan kini, contohnya semasa dunia dilanda pandemik COVID-19, terdapat kebatasan dalam pengaksesan kepada makmal fizikal, justeru VCTM ini akan digunakan untuk memberi pelajar pengalaman pembelajaran yang berkesan (Santosa et al., 2023).

3.3 Guru Bot (Teacherbots)

Guru bot atau lebih dikenali sebagai Teacherbots merupakan salah satu jenis program atau peranti kecerdasan buatan (AI) berasaskan komputer, yang juga merupakan pengganti kepada pembantu pengajaran tradisional. Teknologi ini berupaya mengawasi pembelajaran pelajar dalam persekitaran pembelajaran dalam talian melalui tugas-tugas seperti penyusunan maklumat dan menyediakan penyelesaian kepada kepelbagaian pertanyaan secara meluas dan komprehensif dalam kadar segera. Selain itu, guru bot juga menawarkan latihan tubi kepada proses pengajaran dan pembelajaran mengikut kesesuaian peringkat pengajaran melalui kaedah penyampaian yang berbeza. Dalam pada masa yang sama, guru bots sangat berfungsi dari aspek pengurusan pendidikan di mana ianya menawarkan penyelesaian komputasi dari sudut bidang penghantaran bahan, maklum balas asas, pentadbiran dan juga pemantauan (Popenici & Kerr, 2017).

3.4 Sistem Soal Jawab dan Kendiri

Kecerdasan buatan (AI) turut diaplikasikan dalam sistem soal jawab dan kendiri multimedia. Sistem ini berupaya untuk menganalisis soalan serta menyediakan jawapan yang diperlukan dan relevan dengan kadar segera kepada pelajar melalui penggunaan model vector spatial dan Boolean yang digunakan dalam sistem ini. Sistem ini juga berupaya membolehkan jawapan manual sekiranya jawapan yang diperlukan itu tidak tersedia secara automatik (Yao, 2022).

3.5 Sistem Bimbingan Pintar (ITS)

Menurut Zawacki-Richter et al. (2019), sistem bimbingan pintar memainkan peranan penting dalam kecerdasan buatan dalam pendidikan kini. Hal yang demikian kerana fungsinya yang meluas membawa kepada kemanfaatan dan faedah yang ketara kepada pelajar serta kakitangan institusi. Antara kelebihan yang diperoleh daripada penggunaan ITS adalah sistem ini berupaya memudahkan proses pembelajaran individu dengan memudahkan

pengajaran bahan kursus serta membuat penilaian terhadap kekuatan dan kelemahan individu. Di samping itu, dengan penggunaan ITS dalam pendidikan, penyediaan penilaian dan maklum balas secara automatic dan pantas dapat disediakan, secara tidak langsung ITS ini sangat mempunyai keupayan untuk meyerupai pengajar manusia melalui peniruan bimbingan secara peribadi kepada individu pelajar. Sistem bimbingan pintar (ITS) ini juga menawarkan pengalaman pembelajaran individu, merangkumi kaedah pembelajarannya. Justeru, sistem teknologi maklumat (ITS) mempunyai potensi yang besar, terutama di institusi pendidikan yang mengkhususkan dalam pembelajaran jarak jauh dan melayani sejumlah besar pelajar, menjadikannya tidak praktikal untuk menawarkan pengajaran secara individu (Zawacki-Richter et al., 2019).

4. Potensi Peranan Kecerdasan Buatan dalam TVET

Teknologi kecerdasan buatan (AI) mempunyai potensi menyumbang kepada peranan penting dalam pendidikan TVET. Menurut kajian Chen (2020), menyatakan bahawa teknologi AI berupaya meningkatkan pengalaman pembelajaran di dalam kelas. Hal yang demikian turut disokong oleh Rosyadi (2023) yang juga menyatakan bahawa penggunaan AI dalam TVET mampu mempertingkatkan proses pendidikan melalui teknologi AI yang digunakan seperti pembelajaran mesin, pemprosesan bahasa semula jadi dan penglihatan komputer untuk menyesuaikan pendidikan mengikut keperluan dan gaya pembelajaran individu, secara tidak langsung, berupaya meningkatkan penglibatan, pengekalan dan penguasaan kemahiran pelajar. Selain itu, teknologi AI ini berperanan sebagai bimbingan kerjaya memandangkan keupayaan teknologi AI yang berupaya menganalisis data pasaran pekerja, memadankan kemahiran yang seiring dengan minat individu terhadap peluang kerjaya tersebut menjurus kepada laluan kerjaya yang secara tidak langsung dapat meningkatkan kebolehkeraan individu (Rosyadi et al., 2023).

Teknologi AI dalam pendidikan TVET berperanan juga dalam pembangunan kurikulum TVET (Rosyadi et al., 2023). Penggunaan teknologi AI dapat membantu mewujudkan kurikulum yang relevan sejajar dengan perkembangan keperluan industry 4.0 dengan membekalkan kemahiran seperti kemahiran penyelesaian masalah dan pemikiran kritis yang dapat diterapkan selaras dengan permintaan pasaran kerja semasa (Gravett & Kroon, 2021; Rastrollo-Guerrero et al., 2020). Kajian lepas yang dikaji oleh Cox dan Prestidge (2020), mendapati bahawa pendidikan vokasional dalam talian sepenuhnya menawarkan pilihan pembelajaran yang fleksibel dan meningkatkan kebolehan teknikal dan kebolehpasaran pelajar. Dalam konteks pendidikan TVET, teknologi AI seterusnya memainkan peranan dalam sesi penilaian melalui kaedah maklum balas nyata dan ujian adaptif. Sebagai implikasi langsung, pelajar dapat mengenal pasti kekuatan dan kelemahannya dalam pembelajaran yang dapat memberi pelajar untuk memberi tumpuan terhadap pembelajarannya (Guan et al., 2020). Di samping itu, teknologi AI juga berperanan dalam struktur pentadbiran. Teknologi AI membantu urusan pentadbiran seperti tugas pemarkahan, penjadualan dan pengurusan sumber yang dapat mengurangkan beban kerja warga pentadbir dan pendidik (Guan et al., 2020; Tahiru, 2021; Onyango & Kelonye, 2022).

Tambahan pula, teknologi AI berperanan dalam pembangunan professional guru. Hal yang demikian kerana teknologi AI menyediakan warga pendidik dengan program latihan dan sumber yang boleh disesuaikan dengan pemilihan pendidik, serta membantu pendidik kekal maju dengan teknologi terkini dan membentuk strategi pedagogi yang berkesan dan relevan dengan perkembangan teknologi (Fundi et al., 2024). Menurut Onyango & Kelonye (2022), teknologi AI dalam TVET boleh diklasifikasikan ke dalam banyak domain, termasuk pembelajaran diperibadikan, bahan pintar, tunjuk ajar pintar, persekitaran pembelajaran dalam talian dan memastikan akses menyeluruh kepada pendidikan dengan menawarkan pendidikan yang berkualiti, secara tidak langsung membantu merapatkan jurang bagi pelajar di kawasan terpencil yang kurang mendapat pendidikan yang berkualiti. Akhir sekali, peranan AI dalam pendidikan TVET adalah dapat menyediakan serta mempertingkatkan pengetahuan kemahiran pelajar melalui latihan praktikal yang dilakukan secara simulasi dan realiti maya. Hal ini secara tidak langsung dapat membekalkan pelajar dengan pengalaman praktikal dalam persekitaran yang terkawal dan memberi impak yang sangat positif terhadap pembelajaran pelajar di mana latihan di dunia nyata mungkin terhad atau berbahaya untuk dilakukan oleh pelajar (Walter, 2024).

5. Kesan dan Cabaran Kecerdasan Buatan dalam TVET

Kajian lepas menunjukkan implikasi etika yang kritikal dikaitkan dengan penggunaan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam sektor pendidikan serta menekankan kepentingan menangani kebimbangan ini untuk menjamin pelaksanaan yang bertanggungjawab. Etika privasi peribadi muncul sebagai kebimbangan dalam pelaksanaan AIED. Privasi AI bermaksud hak dalam melindungi maklumat peribadi (Muller, 2020). Menurut kajian Chen (2020), menyatakan bahawa aplikasi teknologi AI memerlukan penggunaan sejumlah besar data dalam proses pengendaliannya, merangkumi maklumat sensitif berkaitan pelajar dan fakulti. Hal yang demikian, berisiko mencetuskan permasalahan kebimbangan privasi yang jelas dan nyata, serta memerlukan pelaksanaan langkah perlindungan data yang ketat untuk memelihara kepercayaan dan kerahsiaan pengguna teknologi AI. Selain itu, terdapat risiko wujud penyalahgunaan dan penggunaan berlebihan terhadap teknologi AI, yang mempunyai keupayaan untuk menjejaskan kualiti pendidikan asas seperti refleksi, daya tahan, dan pemikiran bebas, serta

membawa kepada pergantungan yang berlebihan pada teknologi (Adams et al., 2023). Di samping itu, kebimbangan etika mengfokuskan kepada operasi dan hasil sistem pendidikan AI yang disebabkan oleh kekurangan penjelasan AI menyebabkan pensyarah tidak dapat menggunakan AIED secara berkualiti dan berkesan bagi mengesan tingkah laku dan prestasi pelajar dalam pembelajaran (Remian, 2019). Pertimbangan etika juga meliputi penyediaan akses saksama kepada teknologi AI, kerana terdapat risiko bahawa teknologi ini boleh mengeruhkan lagi keadaan atas ketidaksamaan sosio-ekonomi yang sedia ada jika tidak dilaksanakan secara inklusif dan bertimbang rasa (Dakakni & Safa, 2023). Jesteru, pemerintah dan pentadbir institusi pendidikan tinggi harus bertanggungjawab keatas AIED dengan mempertimbangkan secara teliti dipslin yang melibatkan pelbagai pihak berkepentingan antaranya pensyarah, penyelidik, pelajar dan semua entiti yang terdapat didalam struktur institusi tersebut serta mempertimbangkan etika yang berkaitan dimana tidak terhad kepada etika data, etika analitik pembelajaran, etika komputasi, hak asasi manusia dan inklusiviti yang bersifat menyeluruh (Schiff, 2021).

Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan TVET berpotensi membawa risiko terhadap pembangunan infrastruktur. Penggunaan AI menimbulkan isu penting apabila teknologi AI memerlukan pergantungan yang semakin meningkat pada infrastruktur teknologi canggih, seperti seperti GPU (Graphic Processing Unit) yang berkuasa dan kemudahan penyimpanan data berskala besar, mungkin menimbulkan permasalahan yang rumit. Proses pengendalian infrastruktur secara dalaman atau menggunakan perkhidmatan seperti SaaS, PaaS atau IaaS memerlukan kos serta kerumitan yang perlu ditanggung (Nortje & Grobbelaar, 2020). Oleh hal yang demikian, penggunaan teknologi AI berpotensi memburukkan lagi jurang digital antara institusi TVET di mana institusi yang mempunyai sumber yang rendah mungkin berhadapan dengan cabaran dalam mewujudkan dan mengekalkan teknologi AI berikutan kerana penggunaan teknologi AI memerlukan infrastruktur yang modern dan maju secara tidak lansung memberi kesan terhadap percanggahan dalam kualiti pendidikan dan ketersediaan sumber (Rosyadi et al., 2023). Hal yang demikian turut disokong oleh Santosa (2023) yang menyatakan bahawa mewujudkan infrastruktur AI memerlukan perbelanjaan yang tinggi merangkumi perbelanjaan yang besar dalam perkakasan, perisian dan latihan, yang mungkin tidak relevan untuk diaplikasikan dalam kebanyakan institusi TVET.

Menurut kajian Weinert (2022), turut menyatakan juga terdapat kekurangan infrastruktur teknologi maklumat sedia ada dan kualiti data. Dalam hal yang demikian, ianya menimbulkan kemungkinan bahawa penggunaan teknologi AI serba pantas ini mentransformasikan infrastruktur sedia ada menjadi usang yang sentiasa memerlukan pengemas kinian serta penggantian infrastruktur yang berterusan mencetus kepada permasalahan kewangan dan logistik (R. H. Hassan et al., 2021). Pembangunan infrastruktur teknologi yang mampan dan berkedudukan strategik ini memerlukan penilaian dan pelarasan berterusan, yang memerlukan intensif sumber dan proses yang rumit (Nortje & Grobbelaar, 2020). Pengintegrasian sistem AI dengan teknologi dan platform pendidikan terkini tidaklah mudah dan pasti akan menimbulkan permasalahan yang mengganggu proses pembelajaran, juga memerlukan kemahiran khusus dalam pendidikan vokasional untuk melahirkan individu dengan kemahiran penyelesaian masalah yang cekap dan kemahiran membuat keputusan yang inovatif (Chen & Hengjinda, 2019; Yeh et al., 2021; Zanzotto, 2019). Oleh itu, untuk berjaya mengintegrasikan AI ke dalam TVET, pelaburan yang besar diperlukan untuk infrastruktur, bantuan teknikal dan inisiatif latihan untuk kedua-dua kakitangan dan pelajar (Rosyadi et al., 2023; Onyango & Kelonye, 2022).

Kecekapan penting yang diperlukan untuk penggunaan mahir kecerdasan buatan (AI) terdiri daripada pelbagai domain penting, seperti rasa mudah subjektif dengan AI, keyakinan diri terhadap kebolehan seseorang, inisiatif latihan AI dan pelaksanaan pragmatik kecekapan AI. Tahap keselesaan yang dirasakan dalam menggunakan AI adalah amat penting kerana ia memberi kesan secara langsung kepada kecenderungan untuk berinteraksi dengan teknologi AI. Penyelidikan menunjukkan bahawa antara muka intuitif dan pengalaman awal yang menggalakkan sangat meningkatkan tahap keselesaan pengguna (Chen et al., 2020). Keberkesanan diri, yang merujuk kepada keyakinan individu terhadap keupayaan mereka untuk menggunakan AI secara berkesan, adalah sangat penting dan mungkin dipupuk oleh program latihan menyeluruh yang menggabungkan pengalaman praktikal dan senario kehidupan sebenar (Labrague et al., 2023). Program latihan AI yang cekap adalah penting, kerana ia menawarkan pengajaran yang teratur tentang konsep dan fungsi AI, memupuk keyakinan dan kepakaran dalam menggunakan teknologi ini. Penggunaan praktikal kebolehan AI memerlukan menggabungkan alat AI ke dalam banyak tetapan profesional dan peribadi, bermula daripada analisis data kepada penyelesaian masalah, untuk membolehkan pengguna menggunakan AI secara berkesan untuk hasil yang dipertingkatkan (Rosyadi et al., 2023). Bakat ini bersama-sama menjamin bahawa individu bukan sahaja selesa dengan AI tetapi juga cekap dan yakin diri dalam menggunakan teknologi AI dalam situasi sebenar.

6. Ketersediaan Kecerdasan Buatan (AI) dalam Sektor TVET

Sejajar dengan kemajuan teknologi terkini yang semakin pesat membangun di persada dunia, banyak negara telah mula menyedari akan kepentingan serta kelebihan pengintegrasian AI dalam konteks masyarakat, kerajaan dan institusi. Namun, pengintegrasian AI bukanlah semudah yang disangka. Sebelum pengintegrasian AI dijalankan di

sesebuah sektor, penilaian terhadap faktor-faktor tertentu berkaitan dengan proses, kaedah, cara dan pelaksanaan perlu dijalankan bagi meninjau permasalahannya kepada masyarakat dan institusi, yang juga membawa kepada keupayaan sesuatu sektor untuk mengadaptasi teknologi yang kompleks ini. Oleh itu, penilaian yang dijalankan haruslah mempunyai penanda aras yang seragam untuk mengkaji dan menganalisis tahap kesediaan AI di peringkat global sebelum diperkenalkan kepada kerajaan atau institusi. Menurut Economist Impact (2022), pelbagai alat dan penanda aras telah dibangunkan bagi mengukur tahap keupayaan negara dalam mengintegrasikan teknologi AI ini termasuklah Indeks AI Global Tortoise dan Indeks Kesediaan AI Kerajaan Oxford Insights.

Indeks AI Global oleh Tortoise media merupakan salah satu penanda aras pertama yang mengukur tahap keupayaan sesebuah negara mengadaptasi kecerdasan buatan (AI) menggunakan tiga tonggak utama; pelaburan, inovasi dan pelaksanaan (Ozkaya & Demirhan, 2023). Tonggak pertama adalah pelaburan yang merujuk kepada tahap pengukuran jumlah dan keberkesanan pelaburan yang dilakukan oleh negara dalam sektor AI, merangkumi sokongan dana yang diperuntukkan untuk infrastruktur dan pembangunan teknologi AI. Tonggak kedua pula adalah merujuk kepada pengukuran inovasi sesebuah negara terhadap keupayaan untuk menghasilkan AI yang inovatif. Tonggak yang terakhir tonggak ketiga adalah pengukuran tahap pelaksanaan AI yang mengukur penerapan AI dalam sektor awam dan swasta (Ozkaya & Demirhan, 2023).

Indeks ini menilai 62 buah negara termasuklah negara Malaysia dengan 111 indikator dari 28 sumber data awam dan swasta. Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Maslej et al. (2023), Malaysia adalah antara negara yang mempunyai indeks tinggi dalam kategori persekitaran operasi dan infrastruktur. Walaubagaimanapun, melalui aspek bakat, penyelidikan, pembangunan dan komersial, Malaysia memerlukan penambahbaikan lanjut terhadap peningkatan keupayaan AI secara komprehensif.

Penggunaan AI dalam pendidikan kini memainkan peranan penting bagi memastikan kualiti pendidikan adalah seiring dengan pendidikan 4.0. Justeru, adalah penting bagi sesebuah institusi pendidikan menitikberatkan berkaitan kesediaan institusinya dalam penintegrasian AI. Terdapat kajian di Kenya mendapati bahawa kesediaan guru dalam penggunaan AI semasa perkhidmatannya adalah dipengaruhi oleh keyakinan AI, etika AI, dan norma subjektif dalam AI, manakala sikap dan ancaman terhadap AI tidak memberi impak yang penting dalam kesediaan terhadap penggunaan AI (Fundi et al., 2024). Kajian tersebut turut menekankan keperluan memperhalusi perubahan dasar untuk mempertimbangkan AI dalam latihan guru dan program pembangunan profesional. Terdapat juga kajian yang dijalankan terhadap pelajar. Menurut kajian Tung (2023), skala kesediaan kecerdasan buatan (AI) perubahan dalam kalangan pelajar perubatan (MAIRS-MS) di Malaysia adalah di tahap sederhana, namun terdapat jurang yang ketara dalam kalangan pelajar terhadap pengetahuan praktikal dan aplikasi teknologi AI. Skor khusus menunjukkan kesiapan yang sederhana, dengan faktor kognitif, keupayaan, visi, dan etika masing-masing mendapat 21/40, 25/40, 10/15, dan 11/15. Selain itu, 71% pelajar percaya bahawa pendidikan AI akan memberi manfaat kepada kerjaya dalam bidang perubatan, namun hanya 44.5% sahaja yang merasa yakin dengan pengetahuan AI mereka selepas tamat pengajian (Tung & Dong, 2023).

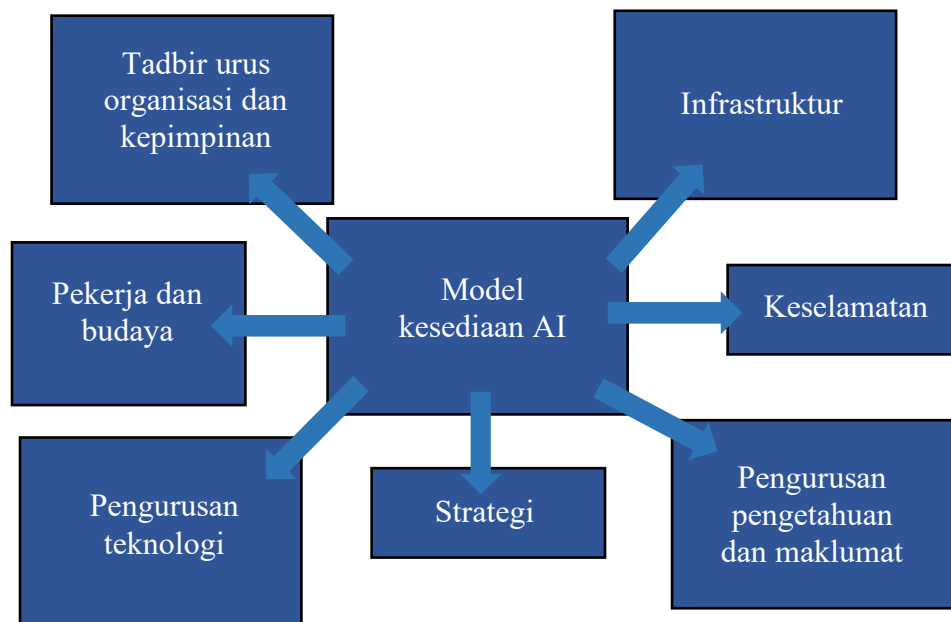
Di samping itu, kajian berkaitan kesediaan institusi pendidikan di Mesir telah dijalankan, penemuannya mendapati bahawa tahap kesediaan AI di institusi pendidikan di Mesir adalah di tahap yang tinggi iaitu sebanyak 87%, merangkumi aspek literasi teknologi. Faktor demografi seperti umur, jantina, dan tahun pengalaman tidak berkorelasi dengan ketara dengan kesiapan AI. Kajian ini juga mengenal pasti cabaran dalam pendidikan tinggi yang berpotensi ditangani oleh AI, seperti kurikulum yang tidak mengikuti arus peredaran zaman dan ketidakcekapan pentadbiran (Ali, 2023). Walaubagaimanapun, dalam konteks pendidikan TVET, menurut kajian Rosyadi et al. (2023), tahap kesediaan institusi TVET dalam pengintegrasian AI adalah masih di tahap rendah yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kekurangan literasi digital (ICT), keperluan infrastruktur yang komprehensif, sokongan dari teknikal serta pertimbangan etika seperti privasi data dan bias. Kajiannya turut menyatakan bahawa menangani cabaran infrastruktur, teknikal, dan etika, serta melibatkan pelaburan dalam latihan guru dan pembangunan teknologi adalah penting bagi mengoptimumkan keupayaan AI dalam pendidikan TVET.

7. Model Kesediaan Kecerdasan Buatan (AI)

Sebagai respons kepada keperluan untuk penilaian yang lebih komprehensif, satu model baharu telah dibangunkan oleh Nortje dan Grobbelaar (2020) untuk memastikan kesemua elemen kesediaan terhadap teknologi dapat dikaji secara menyeluruh. Model kesediaan kecerdasan buatan (AI) telah dibangunkan dalam kajian lepas (Nortje & Grobbelaar, 2020). Penemuan utama dalam kajian Nortje dan Grobbelaar (2020), adalah pengenalan pastian pembangunan rangka kerja model kesediaan yang menyeluruh terhadap pelaksanaan AI dalam perusahaan perniagaan. Rangka dalam kajian tersebut telah dikategorikan kepada tujuh (7) dimensi yang perlu dalam model kesediaan AI seperti yang digambarkan dalam rajah dibawah iaitu Rajah 1, merangkumi pembolehubah tertentu yang perlu dalam penilaian dan peningkatan kesediaan organisasi untuk pelaksanaan AI yang tertera dalam Jadual 1. Tujuan model ini dibangunkan adalah untuk menangani halangan dalam imaginasi perniagaan, pengurusan dan pelaksanaan praktikal AI, dengan penyediaan pendekatan berstruktur bertujuan

dalam menilai dan memperbaiki kesediaan AI dalam perniagaan. Oleh itu, kajian yang dijalankan ini menggunakan pengadaptasian daripada model kesediaan AI yang menawarkan kaedah sistematik untuk menilai kepelbagaian dimensi kesediaan yang terdiri daripada aspek kakitangan dan budaya, infrastruktur, pengurusan teknologi, tadbir urus dan kepimpinan organisasi, pengurusan pengetahuan dan maklumat, dan keselamatan (Nortje & Grobbelaar, 2020).

Menurut Ali (2023), model kesediaan AI tersebut, yang dibangunkan oleh Nortje dan Grobbelaar (2020) boleh dikategorikan sebagai model yang mempunyai ciri-ciri yang sangat luas dan deskriptif kerana model ini berupaya menangani setiap dimensi kesediaan secara berkesan, termasuklah sikap terhadap penggunaan dan penerimaan teknologi yang dirasakan. Antara kajian yang telah mengadaptasikan model kesediaan AI dalam pendidikan adalah kajian yang dilakukan oleh Ali (2023), yang menjalankan kajian berkaitan penilaian terhadap kesediaan kecerdasan buatan fakulti dalam pendidikan tinggi di Mesir. Dalam kajiannya, penemuan utama yang dibentangkan adalah penekanan bahawa tahap kesediaan AI dalam kalangan fakulti pendidikan tinggi di Mesir adalah tinggi. Kajian tersebut melibatkan kakitangan fakulti dari university yang berbeza melalui temubual mendalam yang membawa kepada penemuan bahawa 87% peserta menunjukkan tahap kesediaan yang tinggi, serta menyatakan bahawa literasi teknologi memainkan peranan penting dalam kesediaan AI, sementara demografi pula tidak mempunyai hubungan yang signifikan terhadap kesediaan AI. Menurut kajian Ali (2023) ini juga, memberi cadangan penyelidikan lanjut ke atas pihak berkepentingan lain dalam sektor pendidikan tinggi, termasuk pelajar, pentadbir dan institusi di Mesir, bertujuan dalam membangunkan dasar asas yang kukuh bagi pembuat dasar dalam proses pertimbangan pelaksanaan AI dalam pendidikan tinggi. Rajah 1 menunjukkan dimensi model kesediaan yang dibangunkan oleh Nortje dan Grobbelaar (2020).



Rajah 1 Dimensi model kesediaan kecerdasan buatan (Nortje dan Grobbelaar, 2020)

Jadual 1 Dimensi, elemen dan pembolehubah kesediaan (Nortje dan Grobbelaar, 2020)

Dimensi kesediaan (d)	Elemen kesediaan	Pembolehubah kesediaan
Pekerja dan budaya	Keselamatan pekerjaan	Persepsi pekerja terhadap keselamatan pekerjaan berkaitan AI.
	Kegunaan yang dirasakan	Persepsi pekerja terhadap kegunaan AI yang dirasakan.
	Kemudahan penggunaan yang dirasakan	Persepsi pekerja berhubung dengan kemudahan penggunaan AI.
	Keserasian dengan nilai amalan yang sedia ada	Keserasian AI dengan nilai dan amalan perniagaan.
	Manfaat	Persepsi pekerja terhadap manfaat berkaitan AI.
	Penerimaan perniagaan	Persepsi penerimaan perniagaan terhadap AI.
	Kemahiran dan kepakaran	Kesediaan kerjasama pekerja berkaitan AI.
	Kerjasama dan kepastian	Kesediaan kerjasama pekerja berkaitan AI.
Tadbir urus organisasi dan kepimpinan	Sokongan eksekutif	Sokongan eksekutif mengenai AI.
	Bajet	Peruntukan bajet untuk AI.
	Peluang perniagaan	Pengenal pastian peluang perniagaan yang sesuai untuk AI.
	Kepimpinan strategic	Pengenal pastian kepimpinan strategik yang mematuhi aktiviti dan ciri-ciri pemimpin strategik.
	Kes perniagaan	Pengenal pastian kes perniagaan untuk AI.
Strategi	Kebolehan ujian	Keupayaan untuk menjalankan sejumlah ujian (data ujian).
	Kejelasan perniagaan	Kejelasan perniagaan yang dirasakan berkaitan dengan AI.
	Keputusan yang dapat diperhatikan	Pengenal pastian kaedah dan kriteria yang terlibat dengan menghasilkan keputusan yang dapat diperhatikan semasa ujian/pelaksanaan AI.
	Hala tuju (<i>roadmap</i>) teknologi dan senario	Pengenal pastian hala tuju (<i>roadmap</i>) teknologi dan senario berkaitan AI.
	Ramalan teknologi	Pengenal pastian kaedah ramalan teknologi untuk AI.
	Penyampaian tangkas	Pembangunan strategi tangkas berkaitan dengan AI.
Infrastruktur	Kelestarian teknologi dan peta kedudukan	Pembangunan peta kedudukan dan kelestarian teknologi untuk AI.
	Rangkaian komunikasi	Pengenal pastian rangkaian komunikasi yang terlibat dengan operasi AI.
	Rangkaian maklumat	Pengenal pastian rangkaian maklumat yang terlibat dengan pelaksanaan, operasi, dan pengurusan AI.

Dimensi kesediaan (d)	Elemen kesediaan	Pembolehubah kesediaan
	Perkhidmatan	Pengenal pastian dan pemetaan perkhidmatan yang akan menggabungkan AI.
	Platform infrastruktur	Pengenal pastian infrastruktur yang diperlukan dari segi sumber awan, serta bahagian infrastruktur tambahan yang diperlukan.
Pengurusan pengetahuan dan maklumat	Sistem pengurusan maklumat dan pengurusan pemprosesan data maklumat	Permulaan pembangunan struktur pengurusan untuk sistem maklumat dan pemprosesan data.
	Aplikasi berasaskan agen	Melakukan simulasi berasaskan agen atau pemodelan untuk menunjukkan kemungkinan impak AI pada proses perniagaan.
	Pulangan pelaburan	Pengiraan pulangan pelaburan untuk AI.
	Perancangan sumber perusahaan dari segi pangkalan data dan perisian	Pengenal pastian perancangan sumber perusahaan (pangkalan data dan perisian) untuk AI.
	Pengurusan pengetahuan teknologi	Permulaan strategi pengurusan pengetahuan teknologi untuk AI.
	Pengenal pastian dan pemilihan teknologi	Analisis keserasian teknologi, impak sistem AI dan kematangan AI.
Keselamatan	Keselamatan Siber	Pengenal pastian dan pembangunan pengurusan keselamatan siber berkaitan dengan AI.
Pengurusan teknologi	Pengkategorian dan perancangan teknologi	Pengkategorian teknologi dan kemajuan perancangan untuk AI.
	Pengurusan keperluan teknologi	Pengenal pastian struktur pengurusan keperluan teknologi
	Pengurusan pelaburan dan modal teknologi	Peruntukan pelaburan dan pengurusan modal untuk AI.
	Pengurusan kos	Pengenal pastian struktur pengurusan kos untuk AI.
	Analisis pesaing teknologi	Pengenalpastian analisis pesaing teknologi untuk mengenal pasti peluang dan ancaman yang berpotensi dalam menggunakan AI bagi mencipta nilai perniagaan.
	Sumber Awan	Pengenal pastian dan pemilihan model pengkomputeran awan, seperti infrastruktur sebagai perkhidmatan (IaaS), platform sebagai perkhidmatan (PaaS) atau perisian sebagai perkhidmatan (SaaS).
		Pengenal pastian dan pemenuhan keperluan mengenai model pengkomputeran awan.

Dimensi kesediaan (d)	Elemen kesediaan	Pembolehubah kesediaan
		Pengenal pastian dan pemilihan model penyebaran pengkomputeran awan, seperti model awan, hibrid dan di premis.
		Pengenal pastian dan pemenuhan keperluan mengenai model penyebaran pengkomputeran awan.
	Kesambungan rangkaian	Pengenal pastian sambungan rangkaian yang diperlukan dalam perniagaan untuk AI.
	Pengurusan risiko teknologi	Penugasan tanggungjawab dan peranan untuk mengurus risiko yang melibatkan AI.
		Keutamaan dan pengenal pastian aset sistem maklumat.
		Pelaksanaan amalan dan kawalan untuk mengurangkan risiko.
		Pengenal pastian dan penilaian kemungkinan serta impak ancaman, kelemahan, dan risiko semasa dan yang muncul.
		Pelaksanaan peningkatan/kemaskini berkala dan pemantauan penilaian risiko untuk memasukkan perubahan dalam sistem, serta keadaan operasi/persekitaran yang boleh mempengaruhi analisis risiko.
	Pengurusan kualiti	Pengenal pastian dan pemilihan struktur pengurusan kualiti untuk AI.
	Perancangan sumber manusia	Dokumentasi data mengenai matlamat jangka pendek hingga jangka panjang projek AI.
		Usaha mengenai pengenal pastian jenis sumber, orang, dan kompetensi yang diperlukan.

8. Kesimpulan

Artikel ini meneliti dan menganalisis kajian terdahulu berkaitan penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan tinggi. Kajian ini menunjukkan penggunaan AI dapat meningkatkan kecekapan pengajaran, pembelajaran, pentadbiran dan membuat keputusan dalam sektor pendidikan (Nazri et al., 2022). Sektor pendidikan mengalami perubahan besar melalui Revolusi Industri 4.0 (IR 4.0) seperti AI, robotic autonomi, teknologi awan dan data besar (Pereira et al., 2017). Pendidikan di Malaysia turut mengalami impak ini melalui perubahan kurikulum dan kaedah pengajaran (Omar & Wulandari, 2022). Aplikasi AI dalam pendidikan termasuk sistem pembelajaran adaptif, guru bot, mesin ujian pemampatan maya, sistem soal jawab dan sendiri, dan sistem bimbingan pintar (Rosyadi, 2023; Popenici & Kerr, 2017). Dalam konteks Pendidikan dan Latihan teknikal dan Vokasional (TVET), AI yang dipacu oleh AI roadmap memainkan peranan penting terhadap peningkatan kerelevanan kemahiran dan kompetensi sejajar dengan keperluan industri moden (Grosch, 2017). Walaubagaimanapun, dalam penggunaan AI, terdapat juga permasalahan timbul yang menjurus kepada permasalahan seperti privasi data dan penyalahgunaan teknologi yang perlu ditangani (Muller, 2020). Menurut kajian lepas mendapati bahawa tahap kesediaan institusi TVET dalam pengintegrasian AI adalah masih di tahap rendah yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kekurangan literasi digital (ICT), keperluan infrastruktur yang

komprehensif, sokongan dari teknikal serta pertimbangan etika seperti privasi data dan bias. Model kesediaan AI oleh Nortje dan Grobbelaar (2020) adalah bertujuan untuk menilai kesediaan organisasi terhadap pelaksanaan AI. Model tersebut juga telah diapadatkan dalam kajian lepas untuk menilai kesediaan fakulti di Mesir (Ali, 2023). Ringkasnya, penemuan kajian lepas menekankan keperluan untuk penyelidikan lanjut ke atas pihak berkepentingan lain dalam sektor pendidikan tinggi, termasuk pelajar, pentadbir dan insitutsi (Ali, 2023).

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan penghasilan artikel ini.

Konflik Kepentingan Penulis

Penulis mengesahkan bahawa tidak ada konflik kepentingan mengenai penerbitan artikel ini.

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada artikel ini adalah seperti berikut: **konsep dan reka bentuk kajian, pengumpulan data, analisis dan tafsiran keputusan:** Aida Amalina Ab. Jalil; **penyuntingan manuskrip:** Lee Ming Foong.

Rujukan

- Abbas, N., Ali, I., Manzoor, R., Hussain, T., & Hussain, M. H. a. I. (2023). Role of artificial intelligence tools in enhancing students' educational performance at higher levels. *Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Neural Network*, 35, 36–49. <https://doi.org/10.55529/jaimlnn.35.36.49>
- Abid Irshad Khan, Dr. Muhammad Arshad, Muhammad, D., Aslam, N., & Mushtaq, R. (2023). ICT adoption in TVET sector of Pakistan. *Bulletin of Business and Economics*, 12(3), 233–240. <https://doi.org/10.61506/01.00018>
- Adams, C., Pente, P., Lermeyer, G., & Rockwell, G. (2023). Ethical principles for artificial intelligence in K-12 education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100131. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100131>
- Ahmad, S. F., Rahmat, M. K., Mubarik, M. S., Alam, M. M., & Hyder, S. I. (2021). Artificial intelligence and its role in education. *Sustainability*, 13(22), 12902. <https://doi.org/10.3390/su132212902>
- Ali, A. (2023). Assessing artificial intelligence readiness of faculty in higher education: Comparative case study of Egypt. *Theses and Dissertations*. <https://fount.aucegypt.edu/etds/2096>
- Antonietti, C., Cattaneo, A., & Amenduni, F. (2022). Can teachers' digital competence influence technology acceptance in vocational education? *Computers in Human Behavior*, 132, 107266. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107266>
- Avis, J. (2014). Workplace learning, VET and vocational pedagogy: The transformation of practice. *Research in Post-compulsory Education*, 19(1), 45–53. <https://doi.org/10.1080/13596748.2014.872920>
- Azeem, N., Omar, M. K., Rashid, A. M., & Abdullah, A. (2022). The secondary school students' interest toward the TVET programs: Demographic differences. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(4), 80–96. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.4.5>
- Balanadam, J., & Jamaluddin, K. (2021). Isu dan cabaran dalam kemahiran membaca dikalangan murid sekolah rendah di Malaysia. *Jurnal Dunia Pendidikan*. <https://doi.org/10.55057/jdped.2021.3.4.11>
- Barton, E. A., & Dexter, S. (2019). Sources of teachers' self-efficacy for technology integration from formal, informal, and independent professional learning. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 89–108. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09671-6>
- Bogdanova, A. N., Fedorova, G. A., & Ragulina, M. I. (2021). Forming teachers' awareness of knowledge in the field of artificial intelligence. *European Proceedings of Social & Behavioural Sciences*. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.12.02.35>
- Burgess, A. (2017). AI capabilities framework. In *Springer eBooks* (pp. 29–54). https://doi.org/10.1007/978-3-319-63820-1_3
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>

- Chen, X., Xie, H., Zou, D., & Hwang, G. (2020). Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100002>
- Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 48, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021>
- Fundi, M., Sanusi, I. T., Oyelere, S. S., & Ayere, M. (2024). Advancing AI education: Assessing Kenyan in-service teachers' preparedness for integrating artificial intelligence in competence-based curriculum. *Computers in Human Behavior Reports*, 14, 100412. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100412>
- Guan, C., Mou, J., & Jiang, Z. (2020). Artificial intelligence innovation in education: A twenty-year data-driven historical analysis. *International Journal of Innovation Studies*, 4(4), 134–147. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.09.001>
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5–14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- Hassan, R. H., Hassan, M. T., Naseer, S., Khan, Z., & Jeon, M. (2021). ICT enabled TVET education: A systematic literature review. *IEEE Access*, 9, 81624–81650. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3085910>
- Holmström, J. (2021). From AI to digital transformation: The AI readiness framework. *Business Horizons*, 65(3), 329–339. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2021.03.006>
- Popenici, S. a. D., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Razak, A. N. A., Noordin, M. K., & Khanan, M. F. A. (2022). Digital learning in technical and vocational education and training (TVET) in public university, Malaysia. *Journal of Technical Education and Training*, 14(3). <https://doi.org/10.30880/jtet.2022.14.03.005>
- Rosyadi, M., Kustiawan, I., Tetehfio, E., & Joshua, Q. (2023). The role of AI in vocational education: A systematic literature review. *JOVES*, 6(2), 244–263. <https://doi.org/10.12928/joves.v6i2.9032>
- Schiff, D. (2021). Education for AI, not AI for education: The role of education and ethics in national AI policy strategies. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(3), 527–563. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00270-2>
- UNESCO. (2021). Understanding the impact of artificial intelligence on skills development. https://unevoc.unesco.org/pub/understanding_the_impact_of_ai_on_skills_development.pdf
- Walter, Y. (2024). Embracing the future of artificial intelligence in the classroom: The relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3>
- Yao, X. (2022). Design and research of artificial intelligence in multimedia intelligent question-answering system and self-test system. *Advances in Multimedia*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/2156111>
- Yeh, S. C., Wu, A. W., Yu, H. C., Wu, H. C., Kuo, Y. P., & Chen, P. X. (2021). Public perception of artificial intelligence and its connections to the sustainable development goals. *Sustainability*, 13(16), 9165. <https://doi.org/10.3390/su13169165>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>