

Kajian Meningkatkan Kesiediaan Kontraktor Terhadap Penggunaan Teknologi *Artificial Intelligent* (AI) dalam Amalan Keselamatan dan Kesihatan Pekerja (KKP) di Tapak Bina

A Study on Increasing Contractors' Readiness Towards the Use of Artificial Intelligence (AI) Technology in Worker Safety and Health (OKH) Practices on Construction Sites

Mohamad Amirullah Mahasan¹, Haryati Shafii^{1*}, Roshartini Omar¹, Norliana Sarpin¹, Zailawati Khalid¹, Azlina Md Yassin² & Haidaliza Masram²

¹ Jabatan Pengurusan Pembinaan,

Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit. Raja, Batu Pahat, 86400, Johor, MALAYSIA

² Jabatan Pengurusan Harta Tanah, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, 86400, Johor, MALAYSIA

*Pengarang Utama: haryati@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2024.05.02.061>

Maklumat Artikel

Diserah: 30 September 2024

Diterima: 1 November 2024

Diterbitkan: 1 Disember 2024

Kata Kunci

Keselamatan dan kesihatan pekerja,
Projek pembinaan bertingkat,
Penggunaan Artificial Intelligent (AI)

Abstrak

Muktahir ini Artificial Intelligent (AI) telah mengalami perkembangan yang pesat dan memainkan peranan yang penting dalam industri, termasuk pembinaan. Permasalahan kajian ini adalah isu keselamatan dan kesihatan pekerja yang telah menyumbang kepada peningkatan kemalangan pekerja di tapak bina. Pengurusan Keselamatan dan kesihatan pekerja yang dipraktiskan dilihat masih mempunyai kelemahan. Justeru, kajian ini ingin meneliti kaedah meningkatkan kesiediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI dalam pengurusan KKP, mengkaji cabaran kontraktor terhadap kesiediaan dalam penggunaan teknologi AI bagi amalan KKP dan mencadangkan langkah-langkah dalam meningkatkan kesiediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI. Kajian ini menggunakan kaedah kualitatif iaitu temu bual bersama responden kontraktor G6. Responden terdiri daripada kontraktor G6 yang mempunyai projek pembinaan di Johor Bharu, Johor. Hasil kajian ini mendapati bahawa terdapat beberapa aspek untuk meningkatkan kesiediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI bagi KKP di tapak bina. Antaranya ialah mengadakan kerjasama industri binaan, bina platform atau forum dalam talian, mulakan dengan projek kecil dan sebagainya. Kesimpulannya, diharapkan kajian terhadap teknologi AI dapat memberikan sumbangan terhadap industri pembinaan, terutama sekali

bagi menyelesaikan isu KKP di tapak bina.

Keywords

Worker safety and health, High-rise construction projects, Use of Artificial Intelligence (AI)

Abstract

Recently, Artificial Intelligence (AI) has experienced rapid development and plays an important role in various industries, including construction. This study's problem is worker safety and health, which has contributed to the increase in worker accidents at construction sites. The current safety and health management practices still have weaknesses. Therefore, this study aims to examine methods to enhance contractors' readiness to use AI technology in safety and health management, investigate the challenges contractors face in adopting AI technology for safety and health practices, and suggest steps to improve contractors' readiness to use AI technology. This study uses a qualitative method, namely interviews with G6 contractor respondents. The respondents consist of G6 contractors who have construction projects in Johor Bahru, Johor. The results of this study found that there are several aspects to improve contractors' readiness to use AI technology for safety and health at construction sites. These include establishing industry collaborations, creating online platforms or forums, starting with small projects, and so on. In conclusion, it is hoped that the study on AI technology can contribute to the construction industry, especially in addressing safety and health issues at construction sites.

1. Pendahuluan

Secara umumnya teknologi AI merupakan satu bidang yang memfokuskan kepada penciptaan perisian dan robot yang cukup pintar untuk belajar, memperoleh maklumat, berkomunikasi, mengendalikan dan memahami objek. Teknologi AI berupaya memenuhi objektif untuk mendapatkan pengetahuan tentang kecerdasan dan mencipta sistem pintar. Walaubagaimanapun, sehingga kini masih ramai yang tidak mengetahui kelebihan penggunaan teknologi AI, terutamanya dalam sektor ekonomi dan projek pembinaan. Menurut Khan *et al.* (2018), AI dapat memberi kesan kepada bidang yang memerlukan teknologi dalam pekerjaan mereka secara meluas dan dapat bersaing dengan negara maju yang lain.

Selain itu, teknologi AI juga merujuk kepada perisian yang digunakan untuk menyemak sama ada robot boleh melakukan tingkah laku manusia dan bertindak balas dengan cara yang sama kepada manusia. Program ini dilaksanakan dalam perisian, perkakasan atau robot untuk membolehkan mereka berkelakuan dan berfikir seperti manusia. Kelebihan penggunaan AI adalah dapat meningkatkan pengeluaran syarikat, lebih jimat, dan taraf keselamatan para pekerja akan meningkat. Selain itu, ia juga akan memberi kesan yang positif terhadap sesebuah syarikat yang mengaplikasikannya, seperti projek pembinaan akan dapat memastikan keselamatan para pekerja.

Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (1994) (KKP), di Malaysia merupakan sebuah rang undang-undang yang telah diluluskan oleh Kabinet bagi mewujudkan asas untuk memastikan kebajikan, kesihatan dan keselamatan semua orang yang bekerja di Malaysia. Akta KKP bertujuan untuk melindungi individu daripada risiko dan bahaya kepada kesihatan dan keselamatan mereka yang berkaitan dengan aktiviti pekerjaan. Tambahan pula dengan anggaran bilangan kecederaan dan kematian dalam kalangan pekerja tapak pembinaan telah meningkat setiap tahun (Akta KKP 1994). Pengguna teknologi AI di tapak bina dijangkakan boleh mengurangkan risiko KKP dari segi risiko kecederaan dan kematian. Ini kerana teknologi AI berupaya memproses, memantau dan menentukan bentuk risiko dan kecuaiannya para pekerja.

Sesuatu kemalangan boleh berlaku disebabkan oleh beberapa faktor, sebab dan akibatnya. Antara faktor yang menyebabkan berlakunya kemalangan di tapak bina adalah amalan pengurusan keselamatan yang longgar, kurangnya kesedaran keselamatan dan pemahaman berhubung keselamatan dalam industri pembinaan, kekurangan kemudahan latihan keselamatan, kekangan kewangan, menggunakan banyak buruh asing, kekurangan alat perlindungan diri dan sebagainya (Dorji, K., & Hadikusumo, B. H. 2006).

Pekerja dalam sektor pembinaan bakal menghadapi risiko yang besar dan berdepan dengan kemalangan berbanding industri lain. Industri pembinaan adalah antara industri yang merekodkan aspek keselamatan yang terburuk. Justeru, antara cara yang paling berkesan bagi mengurangkan risiko dan kemalangan pekerja di tapak

projek adalah meangaplikasikan tekonologi AI. Ianya dapat membantu ramai pekerja untuk berhubung, kerana ciri-cirinya dan memberi mereka latihan menggunakan teknologi (Kahn *et al*, 2018).

Oleh yang demikian, penulisan ini adalah bertujuan untuk meneliti kaedah untuk meningkatkan kesediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI dalam melaksanakan amalan KKP di tapak bina. Walaupun pada hakikatnya kerajaan telah menubuhkan Akta KKP dengan tujuan untuk meningkatkan standard keselamatan dan kesihatan bagi memastikan keselamatan, kesihatan, dan kebajikan orang yang bekerja dilindungi. Namun, dari tahun ke tahun statistik kemalangan pekerja di tapak bina terus menunjukkan peningkatan. Kenyataan ini disokong oleh Wahab (2023), menyatakan statistik kemalangan pekerjaan menunjukkan bahawa kemalangan di tapak pembinaan masih meningkat setiap tahun. Oleh yang demikian, sektor ini memerlukan pendekatan yang lebih cekap untuk mengurangkan kemalangan pekerja di tapak bina.

1.1 Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah:

- i. Mengenalpasti kesediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI dalam melaksanakan amalan keselamatan dan kesihatan pekerja (KKP) di tapak bina.
- ii. Mengkaji cabaran kontraktor terhadap kesediaan dalam penggunaan teknologi AI dalam melaksanakan amalan keselamatan dan kesihatan pekerja (KKP) di tapak bina.
- iii. Mencadangkan kepada pihak kontraktor bagi meningkatkan kesediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI dalam menguruskan KKP pekerja di tapak bina.

1.2 Skop Kajian

Skop kajian ini memfokuskan kepada kaedah kesediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI dari segi amalan KKP di tapak bina. Kajian ini dijalankan dengan menggunakan kaedah kualitatif bagi projek pembinaan di daerah Johor Bharu, Johor. Johor Bharu merupakan kawasan yang mengalami pembangunan yang paling pesat di negeri Johor dan berlaku peningkatan kemalangan di tapak bina. Menurut Bernama (2019), Sejumlah 38 aktiviti kerja di tapak pembinaan disita, dikompaun dan dilakukan pendakwaan di mahkamah sepanjang Operasi Cegah dan Runtuh oleh pihak Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP). Skop kajian ini juga tertumpu kepada penambahbaikan dalam kesediaan kontraktor untuk menggunakan teknologi AI dalam menguruskan amalan KKP di tapak bina. Kajian secara temu bual ini melibatkan kontraktor G6 (dalam proses pembinaan projek pembinaan) dan mempunyai dalam projek pembinaan bangunan bertingkat di Johor Bharu, Johor.

2. Kajian Literatur

2.1 Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

Occupational Safety and Health Administration (OSHA), merupakan sebuah organisasi yang mempunyai bidang kuasa terhadap keselamatan dan kesihatan di tempat kerja di Malaysia. Namun, terdapat satu agensi yang manfaatnya yang hampir sama dengan OSHA iaitu *The Department of Occupational Safety and Health (DOSH)*, atau Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (JKKP). JKKP ialah agensi pengawalseliaan keselamatan dan kesihatan pekerjaan bebas Malaysia. Di Malaysia, JKKP bertanggungjawab mempromosikan dan menegakkan piawaian untuk keselamatan dan kesihatan di tempat kerja. JKKP adalah penting untuk mengekalkan kesihatan dan keselamatan pekerja dalam pelbagai perniagaan. Ia mewujudkan dan melaksanakan perundangan, menjalankan audit dan pemeriksaan, menawarkan pendidikan dan latihan, dan mengkaji kemalangan dan kemalangan di tempat kerja. Untuk mempromosikan tempat kerja yang selamat dan sihat, JKKP juga bekerjasama dengan majikan, pekerja, kumpulan industri dan pihak berkepentingan yang lain. Manakala Akta KKP merupakan akta yang bertujuan untuk melindungi pekerja dari sebarang risiko kecederaan dan bahaya yang berlaku di tempat kerja. Ianya terpakai kepada semua jenis industri kecuali beberapa bidang seperti bidang ketenteraan, perkapalan dan sebagainya.

2.2 Teknologi Artificial Intelligence (AI)

Menurut Avron Barr, (2012), *Artificial Intelligence (AI)* atau kecerdasan buatan merujuk pada kemampuan komputer atau mesin untuk meniru perilaku manusia yang cerdas dan mampu mempelajari, menganalisis, dan membuat keputusan berdasarkan data atau pengalaman sebelumnya. Tujuan utama teknologi AI adalah untuk

menciptakan mesin yang dapat melakukan tugas-tugas yang memerlukan kecerdasan manusia. Umumnya teknologi AI mempunyai berbagai teknik dan kaedah, termasuk *machine learning*, *neural networks*, *natural language processing*, *computer vision*, dan *reasoning*. Mesin yang dikembangkan dengan teknologi AI dapat mengenali pola, memahami bahasa manusia, mengambil keputusan, mengoptimalkan kerja, dan beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Teknologi AI boleh didapati dalam tiga jenis iaitu:

2.3 Artificial Narrow Intelligence (ANI)

Berorientasi bagaimana ia diprogramkan untuk melakukan sesuatu tugas tertentu. Menurut John Page *et al.*, (2018), *Artificial Narrow Intelligence* (ANI) merujuk kepada subset kecerdasan buatan (AI) yang direka bentuk dan dibangunkan untuk melaksanakan tugas tertentu atau satu set tugas yang berkait rapat. Sistem ANI dicipta untuk menjalankan tugas dalam domain tertentu dan tidak mampu kecerdasan umum seperti manusia. Ia sering direka untuk melaksanakan fungsi tertentu dengan cekap dan berkesan, seperti pengecaman pertuturan, klasifikasi imej, sistem pengesyoran atau pemanduan autonomi.

Tidak seperti *Intelligence General Artificial* (AGI), yang bertujuan untuk meniru kecerdasan peringkat manusia merentasi pelbagai tugas kognitif, sistem ANI lebih fokus dan khusus. Mereka bergantung pada algoritma, teknik dan data latihan khusus untuk menyelesaikan tugas yang ditetapkan. Sistem ANI biasanya dilatih pada set data yang besar dan menggunakan pembelajaran mesin atau teknik pembelajaran mendalam untuk mempelajari corak dan membuat ramalan atau keputusan dalam domain khusus mereka. Beberapa contoh umum aplikasi ANI termasuk pembantu maya seperti Siri atau Alexa, penapis e-mel spam, sistem pengesanan penipuan, perkhidmatan terjemahan bahasa dan kenderaan autonomi. Sistem ini menunjukkan keupayaan lanjutan dalam domain masing-masing tetapi tidak mempunyai pemahaman yang luas dan kebolehsuaian kecerdasan manusia.

2.4 Artificial General Intelligence (AGI)

Sistem AGI memiliki kemampuan untuk belajar, memahami, bertindak dan menyusun strategi. Menurut John Page *et al.*, (2018), *Artificial General Intelligence* (AGI) merujuk kepada konsep kecerdasan buatan yang memiliki kebolehan untuk memahami, mempelajari, dan melaksanakan sebarang tugas intelek yang boleh dilakukan oleh manusia. Tidak seperti *Narrow Artificial Intelligence* (ANI), yang memfokuskan pada tugas tertentu, AGI bertujuan untuk meniru keluasan dan kedalaman kecerdasan manusia merentas pelbagai domain dan menyesuaikan diri dengan situasi baharu tanpa memerlukan pengaturcaraan yang jelas. Sistem AGI akan mempamerkan kebolehan kognitif yang serupa dengan manusia, termasuk penaaakulan, penyelesaian masalah, belajar daripada pengalaman, memahami bahasa semula jadi, dan mempamerkan kreativiti. Sistem ini tidak akan terhad kepada set tugas yang telah ditetapkan tetapi berpotensi mengendalikan pelbagai tugas intelektual dengan cekap.

Membangunkan AGI sebenar ialah matlamat yang kompleks dan bercita-cita tinggi, kerana ia memerlukan penciptaan sistem buatan yang boleh memahami dan berinteraksi dengan dunia dengan cara yang sama seperti manusia. Ia melibatkan menangani cabaran dalam bidang seperti pemprosesan bahasa semula jadi, penaaakulan akal, persepsi dan membuat keputusan. Walaupun kemajuan yang baik telah dicapai dalam domain tertentu, mencapai kecerdasan am pada tahap keupayaan manusia kekal sebagai bidang penyelidikan dan pembangunan yang berterusan.

2.5 Super Artificial Intelligence (ASI)

Berupaya menunjukkan kecerdasan dengan kemampuan yang jauh lebih unggul daripada manusia. *Super Artificial Intelligence* (ASI) ialah istilah yang kadangkala digunakan untuk merujuk kepada sistem kecerdasan buatan hipotesis yang mengatasi kecerdasan manusia merentas semua domain dan tugas. ASI sering dikaitkan dengan konsep "superintelligence," yang menerangkan sistem AI yang sangat mengatasi kecerdasan manusia dalam hampir setiap aspek. ASI ialah konsep teori yang membayangkan sistem AI yang mampu mengatasi prestasi manusia dalam pelbagai kebolehan kognitif, termasuk penyelesaian masalah, kreativiti, pembelajaran dan membuat keputusan. Sistem ini bukan sahaja mempunyai kecerdasan am tetapi juga keupayaan untuk memperbaiki diri dengan pantas, membawa kepada pertumbuhan eksponen dalam keupayaan mereka.

Idea ASI menimbulkan persoalan dan kebimbangan penting, kerana ia memperkenalkan potensi sistem AI melebihi pemahaman dan kawalan manusia. Sesetengah pakar, Bostrom, N., & Yudkowsky, (2018), telah membincangkan kemungkinan "masalah kawalan," di mana pembangunan ASI boleh menimbulkan risiko jika ia menjadi tidak sejajar dengan nilai manusia atau beroperasi dengan cara yang sukar untuk manusia untuk meramal atau mengawal. Perlu diingat bahawa mencapai ASI masih sebahagian besarnya spekulatif dan kekal

sebagai bidang penyelidikan dan perdebatan yang aktif dalam bidang kecerdasan buatan. Walaupun kemajuan ketara telah dicapai dalam AI umumnya, pembangunan ASI dianggap sebagai usaha jangka panjang dan sangat kompleks, memerlukan kejayaan dalam pelbagai cabaran saintifik dan teknikal.

2.6 Implimentasi AI dalam Sektor Pembinaan

Sektor pembinaan tradisional telah mengalami perubahan yang pesat ekoran perkembangan teknologi digital dan pengembangan data besar dalam beberapa dekad kebelakangan ini. Penggunaan AI, yang cuba melengkapkan robot dengan tingkah laku dan pemikiran pintar seperti manusia telah mendapat banyak perhatian. AI didapati mempunyai pelbagai teknik dan kesan yang ketara ke atas perubahan industri pembinaan. Ia berupaya menghasilkan proses pembinaan kejuruteraan dan pengurusan pembinaan yang lebih boleh dipercayai, automatik, ubah suai sendiri, menjimatkan masa dan kos. Tidak seperti kaedah tradisional yang memerlukan khidmat dan pertimbangan pakar, teknologi AI dilihat cemerlang dalam menangani situasi yang kompleks dan dinamik dengan tahap ketidakpastian yang tinggi. Walaupun mempunyai sejumlah data yang besar, AI lebih cenderung menghasilkan hasil yang tepat dan menyakinkan untuk membuat keputusan taktikal (Pan & Zhang, 2021).

Walaupun terdapat pelbagai definisi AI, lazimnya AI diterima dalam persekitaran yang dibina melibatkan “membuat mesin risikan dan program yang meniru sistem kognitif untuk belajar atau menyelesaikan masalah”. Penyelidikan dan pembangunan (R&D) teknologi AI dalam pembinaan memerlukan perbelanjaan yang tinggi. Walaupun memperuntukan perbelanjaan yang tinggi ke atas teknologi pembinaan, kaedah untuk pelbagai proses pembinaan teras tidak berubah sepanjang empat dekad yang lalu. Terdapat kemahiran dan model perniagaan yang tidak mencukupi, serta kekurangan pengetahuan tentang AI untuk industri pembinaan. Oleh yang demikian, aplikasi teknologi AI untuk kerja-kerja pembinaan masih memakan masa, mahal dan mudah ralat, yang menyumbang kepada penggunaan dan amalan AI yang perlahan dalam proses pembinaan. Walaubagaimanapun, pengurusan dalam projek pembinaan akan sentiasa berinovasi ke arah digitalisasi dan kecerdasan dalam konteks “Pembinaan 4.0”. Inovasi ini adalah untuk mencapai peningkatan yang ketara dalam automasi, produktiviti, dan kebolehpercayaan. Ini menyebabkan sektor pembinaan mentakrifkan semula dirinya secara menyeluruh seperti perancangan, pembinaan, operasi, dan penyelenggaraan.

Selain itu, teknologi AI berfungsi sebagai tulang belakang untuk melaksanakan strategi digital yang bermakna dalam projek binaan dengan mengubah cara projek pembinaan beroperasi. Teknologi asas yang akan memberi kesan kepada industri pembinaan dalam masa yang singkat istilah adalah seperti berikut: teknologi komunikasi maklumat (ICT), *internetof-things* (IoT), analitik data besar, blockchain dan AI. Berikut merupakan jadual yang menunjukkan Teknologi AI yang popular pada masa ini dan digunakan dalam industri pembinaan di seluruh dunia (jadual 1).

Jadual1 Teknologi AI yang biasa digunakan dalam industri pembinaan

Aplikasi	Teknologi AI	Tujuan
Data analisis	Mesin pembelajaran	Pengesanan dan penilaian risiko dipertingkatkan oleh menggunakan teknologi baharu yang meramalkan kejadian dan mengeluarkan amaran awal. Boleh pakai pintar mengumpul data untuk analisis, dan algoritma AI menangani isu yang mungkin berlaku di tapak dan mencipta strategi baharu untuk meningkatkan kecekapan. Selain itu, analisis data boleh digunakan untuk membuat keputusan dan pembinaan strategi.
Robotik dan automasi	Mesin pembelajaran	Robotik menjadi lebih jelas pada tapak pembinaan dan sangat spesifik (memasang batu bata, mengecat, dan memuatkan). Teknologi ini akan memberi manfaat kepada tapak, kerana ia mengurangkan masa yang dihabiskan untuk tugas berulang dan membantu melindungi pekerja dari persekitaran bangunan yang berbahaya. Dron udara sering digunakan untuk meninjau tapak dan mengumpul data yang membolehkan juruukur menjana model 3D bangunan.

Data dan sistem integrasi	Pengecaman corak	Pendekatan automatik digital boleh dipertingkatkan untuk pengurusan keselamatan bagi kerja-kerja berkaitan proses pendidikan, perancangan dan pemeriksaan. Apabila digabungkan dengan realiti maya, ini menjadi lebih tepat dan baik kerana dapat memastikan keselamatan kakitangan dalam waktu sebenar.
Mobiliti dan boleh pakai	Automasi	Teknologi ini berupaya mengesan pergerakan dan aktiviti pekerja. Sistem ini menyediakan data masa sebenar di tapak, bagi mengurangkan risiko pelanggaran antara pekerja dan peralatan dan jentera berat.

2.7 Manfaat Aplikasi Teknologi AI dalam projek pembinaan

Penggunaan AI dalam projek binaan dapat memberikan berbagai manfaat. Menurut Tang *et al.*, (2019), menyatakan penggunaan teknologi AI berpotensi dalam meningkatkan pengurusan keselamatan pembinaan. Kontraktor dapat menerapkan AI bagi tujuan analisis risiko, menjangka kecelakaan, pemantauan pekerjaan, dan pembelajaran dari data yang lepas untuk memperbaiki praktik keselamatan. Selain itu, penggunaan AI akan dapat mencerap persepsi risiko dengan lebih tepat, menyokong organisasi, dan pengetahuan teknologi AI berpengaruh signifikan terhadap kesediaan kontraktor dalam penerapan teknologi AI di sektor pembinaan. Penggunaan AI dalam projek binaan menjanjikan potensi untuk meningkatkan keselamatan, efisien, dan kualiti secara keseluruhan. Namun, perlu dicatat bahwa implementasi yang sukses memerlukan pemahaman yang baik tentang teknologi AI, pengumpulan dan analisis data, serta integrasi yang baik dengan praktik dan proses yang ada. Teknologi AI memiliki beberapa manfaat dalam projek pembinaan. Berikut adalah beberapa contoh manfaat utama teknologi AI dalam industri pembinaan:

2.7.1 Perancangan yang lebih baik

Teknologi AI dapat digunakan untuk menganalisis data dan menghasilkan perancangan yang lebih efektif. Dengan mempertimbangkan faktor seperti keperluan bahan binaan, biaya, dan waktu, AI dapat membantu mengoptimalkan jadual projek, mengurungi risiko, menganalisis dan memantau kawasan yang memerlukan perhatian lebih. Menurut Tadjung (2013), melalui analisis data secara besar-besaran, AI dapat membantu dalam mengidentifikasi risiko bencana dan merancang strategi mitigasi yang efektif. Ini termasuklah perancangan dan respons cepat Ketika berlakunya bencana.

2.7.2 Anggaran dan Analisis Risiko

Banyak kajian yang telah dijalankan telah membuktikan bahawa teknologi AI dapat digunakan untuk menganalisis data historis projek pembinaan, seperti kecelakaan, kesalahan konstruksi, dan sebagainya. Dengan mempelajari pola dan tren dari data ini, AI dapat memberikan prediksi dan analisis risiko yang lebih tepat. Hal ini memungkinkan pengurus projek untuk mengambil tindakan pencegahan yang tepat dan mengurungi kemungkinan terjadinya kejadian yang tidak diinginkan.

2.7.3 Pengelolaan Inventori

Teknologi AI juga secara jelas dapat membantu mengelola inventori dengan lebih efisien. Pendekatan teknologi dapat memantau persediaan material dan peralatan secara masa-sebenar, memberikan informasi yang tepat tentang ketersediaan, penggunaan, dan perawatan yang diperlukan. Hal ini membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik berkaitan pembelian dan penggunaan material serta peralatan.

2.7.4 Peningkatan Keselesaan

Selain itu teknologi AI turut digunakan untuk meningkatkan keselesaan di lokasi pembinaan. Misalnya, dengan menggunakan kamera pemantauan yang dilengkapi dengan teknologi pengenalan wajah, AI dapat mengenalpasti kehadiran pekerja, memonitor kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, dan memberikan peringatan jika ada pelanggaran. AI juga dapat mengenalpasti potensi risiko, seperti struktur yang tidak stabil atau kawasan yang berbahaya.

2.7.5 Penggunaan Tenaga Yang Lebih Efisien

AI dapat membantu dalam penggunaan tenaga dengan cekap di tapak bina. Dengan memanfaatkan sensor cerdas dan analisis data, AI dapat mengendalikan sistem penerangan, pemanas, dan pendingin secara jimat, berdasarkan permintaan dan kehadiran pekerja. Hal ini membantu mengurangi jumlah tenaga yang tidak perlu.

2.7.6 Pelaksanaan Projek Yang Lebih Efisien

AI dapat membantu dalam melaksanakan projek secara keseluruhan. Misalnya, membantu melakukan dalam melaksanakan tugas-tugas rutin, seperti pemantauan perkembangan projek, pembuatan laporan, atau pengelolaan dokumentasi. Hal ini membantu dan menjimat masa dan sumber daya, dan dalam masa yang sama pengurus projek dapat memfokuskan kepada aspek- aspek yang lebih strategik dan memerlukan masa yang lebih.

2.8 Cabaran yang Dihadapi Oleh Kontraktor Dalam Penggunaan Teknologi AI Di Tapak Bina

Umumnya situasi kontraktor seperti cabaran dan halangan yang dihadapi akan mempengaruhi tahap dan kesediaan kontraktor terhadap penggunaan/aplikasi teknologi AI dalam melaksanakan keselamatan dan kesihatan pekerja (KKP) di tapak bina. Menurut Helms & Nixon, J. (2010), menyatakan pengkaji menjalankan analisis SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) untuk menilai penggunaan teknologi AI dalam industri pembinaan. Hasilnya telah menunjukkan terdapat beberapa cabaran yang telah dikenalpasti meliputi kekurangan tenaga kerja terlatih dalam mengoperasikan dan memelihara sistem AI, sempadan tugas, dan risiko kegagalan atau ketidaktepatan dalam pemahaman AI dalam kontraktor. Malah menurut pendapat Soman, R. K., & Whyte, J. K. (2020), mendapati terdapat beberapa halangan dan cabaran yang dihadapi dalam penerapan teknologi AI di industri antaranya adalah:

2.8.1 Kurangnya pemahaman tentang potensi teknologi AI

Organisasi pembinaan berhadapan dengan kekurangan pemahaman terhadap potensi penggunaan teknologi AI. Kekurangan pemahaman ini termasuklah keperluan untuk mengubah budaya kerja, kurangnya data berkualiti dan terstruktur yang diperlukan untuk melatih dan menguji model AI. Selain itu, terdapat halangan bagi mengintegrasikan AI dalam sistem yang sedia ada.

2.8.2 Cabaran Kos

Menurut Luthra *et al.*, (2017), pelaburan yang sangat tinggi diperlukan oleh organisasi untuk menggunakan teknologi AI. Sebilangan besar peranti dan sensor memerlukan kos yang sangat tinggi untuk dibeli dan dikendalikan. Industri pembinaan perlu mempunyai latar belakang kewangan yang kukuh bagi menampung kos untuk menggunakan teknologi AI. Hal ini menyebabkan sesetengah syarikat pembinaan tidak mampu untuk menggunakan peralatan teknologi tersebut kerana tidak mempunyai modal yang mencukupi. Organisasi berkemungkinan juga tidak dapat mahu mengambil risiko untuk menggunakan teknologi ini kerana pelaburan tidak mendapat pulangan yang setimpal dan boleh mengakibatkan kerugian kewangan (Kamble *et al.*, 2019). Selain itu, kos operasi dan penyelenggaraan peranti AI menyumbang kepada perbelanjaan yang besar kerana kebanyakan peranti menggunakan tenaga bateri untuk pengoperasian.

2.8.3 Kekurangan Tenaga Mahir

Menurut Kamble *et al.*, (2019) kepakaran yang mahir diperlukan dalam operasi dan pengendalian teknologi AI. Penggunaan teknologi baharu memerlukan tahap pengetahuan dan kemahiran tertentu (Oesterreich & Teuteberg, 2016). Oleh itu, syarikat-syarikat industri pembinaan perlu menyediakan latihan kepada pekerja untuk mengendalikan dan menggunakan aplikasi AI bagi meningkatkan lagi kualiti industri pembinaan. Teknologi AI memerlukan kemahiran dan pengetahuan yang tinggi untuk menukar data yang dikumpulkan menjadi maklumat yang berharga. Komuniti pembinaan di Malaysia terdiri daripada pelbagai kumpulan gabungan pemain. Ia terdiri daripada milenium yang baru memasuki industri dan *baby boomers* yang sudah lama berada di dalam industri pembinaan. Oleh yang demikian, industri pembinaan perlu memainkan peranan untuk melakukan usaha tambahan bagi melatih kemahiran profesional, pemain pelbagai campuran ini kerana mereka berbeza pendapat dan penerimaan ke arah penggunaan AI. Latihan dan pendidikan berterusan yang sewajarnya harus diberikan untuk meningkatkan kemahiran profesional di dalam industri pembinaan.

2.8.4 Cabaran sosial

Penerapan teknologi AI dalam industri pembinaan akan memberi kesan terhadap peluang pekerjaan (Zakaria & Yahya, M. Y., 2023). Ini kerana perkembangan teknologi AI di masa hadapan dijangka akan mengambil alih banyak tugas yang membosankan dan berulang yang dilakukan oleh manusia pada hari ini. Hal ini akan mengakibatkan kehilangan peluang pekerjaan bagi masyarakat yang berkerja di dalam industri pembinaan. Oleh itu, industri pembinaan perlu memainkan peranan untuk menyeimbangkan penggunaan teknologi AI secara optimum dan penggunaan tenaga kerja manusia bagi mengelakkan kebergantungan terhadap penggunaan teknologi AI yang berlebihan.

2.8.5 Kemudahan di Persekitaran Tapak Bina

Salah satu cabaran utama dalam menggunakan teknologi AI di tapak bina ialah mengintegrasikan teknologi AI dengan sistem sedia ada di tapak. Ini termasuk peralatan binaan, sistem keselamatan, dan infrastruktur sedia ada. Menurut Zakaria & Yahya, M. Y. (2023), penggunaan teknologi baharu boleh menimbulkan kekacauan atau ketidaksempurnaan dalam integrasi, dan ini boleh menjadi satu cabaran. Penggunaan AI dalam tapak bina memerlukan rangkaian yang stabil dan berkuasa tinggi. Cabaran ini boleh muncul jika tapak bina terletak di kawasan yang tidak mempunyai liputan rangkaian yang baik atau terdapat kekangan dalam akses kepada sumber tenaga elektrik. Keadaan ini boleh menyulitkan pelaksanaan dan keberkesanan sistem AI.

2.8.6 Sokongan Kerajaan atau Swasta

Industri pembinaan melibatkan pelbagai pihak berkepentingan termasuk pemaju, kontraktor, dan kerajaan dalam penggunaan teknologi AI. Koordinasi yang cekap dan kerjasama yang baik diperlukan untuk memastikan semua pihak mendapat manfaat dan menyokong pelaksanaan teknologi AI. Menurut Kamble *et al.*, (2019), pengenalan teknologi AI di tapak bina memerlukan pelaburan yang besar dalam pembelian peralatan AI, penyelidikan dan pembangunan, serta latihan pekerja. Cabaran utama di sini adalah mendapatkan sokongan kewangan dari pihak kerajaan atau swasta untuk melaksanakan projek ini secara berkesan. Kejayaan pelaksanaan teknologi AI di tapak bina juga bergantung kepada sokongan polisi yang jelas daripada pihak berkuasa. Isu-isu berkaitan dengan hak cipta, tanggungjawab, dan standard keselamatan mesti ditangani dengan baik untuk memastikan persekitaran yang kondusif untuk perkembangan teknologi ini.

2.9 Kajian-kajian Lepas berkaitan Kesediaan Kontraktor Terhadap Pelaksanaan Teknologi AI Dalam Amalan KKP di Tapak Bina

Berikut merupakan kajian lepas berkaitan dengan kesediaan kontraktor dalam melaksanakan penggunaan teknologi AI di tapak bina iaitu:

2.9.1 Kesedaran dan Pendidikan

Kajian yang telah dijalankan oleh Ismail *et al.*, (2019), mengulas berkenaan kepentingan dan untuk meningkatkan kesedaran kontraktor terhadap manfaat dan potensi penggunaan teknologi AI dalam industri Pembinaan. Hal ini boleh dilakukan melalui penerangan dan latihan untuk memperkenalkan konsep AI kepada pihak kontraktor serta menjelaskan manfaatnya. Di samping itu, perlu memberikan contoh khusus tentang penggunaan yang cemerlang. Program latihan juga boleh disediakan untuk mengembangkan keterampilan teknologi AI dalam kontraktor. Sebagai contoh, sebuah industri pembinaan mengadakan seminar dan latihan tentang penerapan teknologi AI di tapak bina. Mereka boleh mengundang pakar AI secara khusus menunjukkan pelaksanaan yang baik boleh menghasilkan hasil usaha yang efisien dan peningkatan produktivi. Selain itu, latihan khusus pelaksanaan teknologi AI yang relevan di tapak bina boleh ditawarkan.

2.9.2 Kerjasama Industri Binaan

Md Akhir *et al.*, (2020), dalam kajiannya menyatakan kontraktor boleh bekerja sama dengan lembaga penelitian dan perusahaan teknologi untuk mengembangkan solusi AI yang sesuai dengan keperluan industri pembinaan. Kolaborasi ini dapat membantu dalam mengembangkan produk dan fungsi teknologi AI yang dapat diterapkan dengan efektif di tapak bina. Sebagai contoh, Sebuah syarikat binaan yang inovatif bekerjasama dengan universiti setempat yang memiliki jabatan AI. Mereka boleh bersama-sama mengembangkan sistem AI yang dapat menganalisis data dalam bidang pembinaan bagi menjangkakan risiko projek dan memberikan cadangan untuk pencegahan kemalangan. Kerjasama ini membantu menghasilkan solusi AI yang relevan dan mudah diterapkan di lapangan.

2.9.3 Penggunaan Alat AI yang Mudah Digunakan

Menurut Cihuy (2019), teknologi AI adalah mudah digunakan. Ianya dapat membantu mengurangkan halangan dalam penggunaan teknologi oleh kontraktor. Tugas yang ringkas, arahan yang jelas dan sokongan teknikal akan memudahkan kontraktor untuk mengunapakai dan menggunakan teknologi AI di tapak pembinaan. Sebagai contoh, sebuah syarikat teknologi pembinaan membangunkan aplikasi mudah alih intuitif untuk memantau dan mengurus projek pembinaan. Aplikasi ini menggunakan AI untuk menganalisis data projek, memberikan amaran awal tentang masalah yang mungkin berlaku, dan memberikan cadangan untuk tindakan yang perlu. Tugas yang ringkas dan panduan pengguna yang jelas memudahkan kontraktor menerima pakai dan menggunakan aplikasi ini di tapak pembinaan.

2.9.4 Prestasi Teknologi AI

Kontraktor sering tertarik kepada teknologi yang boleh meningkatkan kecekapan, mengurangkan kos dan meningkatkan kualiti. Oleh itu, menurut Jalil *et al.*, (2023), adalah penting untuk menunjukkan nilai perniagaan yang jelas daripada penggunaan teknologi AI di tapak pembinaan. Kes penggunaan dan kajian yang berjaya termasuk yang menunjukkan hasil positif akan membantu menyakinkan kontraktor tentang faedah teknologi ini. Sebagai contoh, kontraktor memperkenalkan sistem AI untuk perancangan dan penjadualan projek. Mereka mengumpul data sejarah projek terdahulu dan menggunakan AI untuk mengoptimumkan jadual, menyelesaikan kesesakan dan mengurangkan masa penyiapan projek. Dengan peningkatan kecekapan dan penjimatan kos yang ketara melalui projek yang dijalankan, kontraktor ini membuktikan kepada kontraktor lain tentang faedah teknologi AI.

2.9.5 Pembinaan dan Sokongan

Menurut Abd Rahim (2023), menyediakan sokongan teknikal dan pembinaan kepada kontraktor semasa mereka mula menggunakan teknologi AI akan membantu mengatasi halangan dan kerisauan dalam kalangan kontraktor. Pasukan pakar boleh memberikan bimbingan dan sokongan teknikal yang diperlukan untuk memastikan kontraktor boleh menggunakan teknologi AI dengan lancar dan berjaya. Contohnya, Sebuah syarikat teknologi pembinaan menyediakan pasukan ahli yang berdedikasi untuk memberikan sokongan teknikal kepada kontraktor menggunakan penyelesaian AI. Pasukan ini menyediakan latihan lanjutan, panduan pengguna dan bimbingan langsung apabila kontraktor menghadapi masalah atau halangan dalam aplikasi teknologi AI di tapak pembinaan. Sokongan ini membantu memastikan kontraktor disokong dan bersedia dalam penggunaan teknologi AI.

2.10 Cadangan untuk meningkatkan kesediaan Kontraktor Terhadap Penggunaan Teknologi AI Dalam Melaksanakan Amalan KKP di Tapak Bina

Berikut adalah beberapa cadangan untuk meningkatkan kesediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI dalam melaksanakan amalan keselamatan dan kesihatan pekerja (KKP) bagi projek pembinaan bertingkat,:

2.10.1 Bina platform atau forum dalam talian

Menurut Hassan *et al.*, (2017), platform ini boleh menjadi tempat untuk membahas kelebihan, cabaran, dan panduan terbaik. Kontraktor boleh memberikan input tentang kegunaan, cabaran dan cadangan untuk pembangunan selanjutnya. Bina platform atau forum dalam talian khusus, membolehkan kontraktor berkongsi pengalaman, pandangan, dan pengetahuan mengenai penggunaan AI di tapak bina. Platform ini juga dapat menyediakan ruang untuk pertukaran informasi, dan perbincangan mengenai trend terkini dalam industri pembinaan. Pihak pengurusan dapat menyokong platform ini untuk memastikan berlakunya pertukaran pengetahuan yang bermakna. Pihak pengurusan jug boleh mempromosikan dan memantau perbincangan untuk memastikan pengetahuan berkongsi secara efektif.

2.10.2 Bekerjasama dengan Institusi Akademik atau Penyedia Teknologi

Kerjasama dengan institusi akademik atau penyedia teknologi AI boleh membawa manfaat besar. Kontraktor dapat mengakses kepada kepakaran teknikal dan pelatihan yang diperlukan melalui kerjasama ini. Program pelatihan bersama, seminar, atau bengkel dapat diatur untuk meningkatkan kefahaman dan keterampilan dalam penggunaan AI. Menurut Md Akhir *et al.*, (2020), kerjasama dengan institusi akademik atau penyedia teknologi AI dapat membantu kontraktor memahami secara lebih mendalam potensi teknologi ini. Program kerjasama dapat melibatkan penyelidikan bersama, pelatihan khusus yang disesuaikan dengan keperluan industri, dan

akses kepada sumber daya teknologi yang canggih. Dengan membina jaringan ini, kontraktor dapat merapatkan jurang pengetahuan dan keterampilan mereka dalam menggunakan teknologi AI di tapak bina.

2.10.3 Mulakan dengan tugas projek kecil

Mulakan penggunaan AI dengan melibatkan kontraktor dalam projek kecil yang dapat memberikan manfaat cepat dan terukur. Projek kecil ini harus dipilih dengan teliti, memberikan kontraktor peluang untuk merasai keberhasilan dan memberikan bukti mengenai potensi penggunaan AI. Ini juga membantu mengurangkan ketakutan dan ketidakpastian yang mungkin timbul apabila menghadapi perubahan teknologi. Menurut Hussin dan Arifin (2023), Kejayaan projek kecil ini akan memberi keyakinan dan motivasi terhadap kontraktor dalam menggunakan teknologi AI di tapak bina. Memulakan penggunaan teknologi AI dengan melibatkan kontraktor dalam tugas projek kecil yang mengintegrasikan teknologi ini. Projek ini harus direncanakan dengan teliti dan memberikan manfaat yang jelas agar kontraktor dapat melihat hasil langsung dari penggunaan AI.

2.10.4 Pelaksanaan Sokongan Teknikal yang Mencukupi

Menyediakan sokongan teknikal yang mencukupi adalah kunci untuk mengekalkan keberkesanan dalam penggunaan teknologi AI di tapak bina. Menurut Jaini *et al.*, (2021), menyediakan sokongan teknikal yang mencukupi adalah aspek penting dalam menggalakkan kesediaan kontraktor. Ini termasuk pelatihan yang berterusan untuk memastikan kontraktor dapat menguasai teknologi AI, bantuan teknikal *real-time*, dan akses kepada sumber daya tambahan seperti latihan. Dengan menyediakan sokongan secara konsisten ini, kontraktor akan merasa lebih yakin dan untuk mengintegrasikan AI dalam kerja harian mereka.

2.10.5 Melibatkan Pihak Pengurusan dalam Perbincangan Strategik

Perbincangan strategik dengan pihak pengurusan kontraktor sangat penting untuk membina kefahaman dan sokongan yang kukuh terhadap penggunaan teknologi AI. Mereka perlu menyampaikan nilai jangka panjang dan manfaat strategik yang boleh diperolehi melalui inovasi dalam teknologi ini. Ini mungkin melibatkan penyelarasan objektif AI dengan matlamat perniagaan dan visi jangka panjang organisasi. Menurut Affandi dan Bahaan (2019), dengan melibatkan pihak pengurusan dalam perbincangan strategik adalah amat penting untuk memastikan kefahaman dan sokongan tertinggi.

3. Metodologi Penyelidikan

Kajian ini menggunakan kaedah kualitatif. Marlow (2001), berpendapat bahawa penyelidikan kualitatif melibatkan kepelbagaian kaedah secara terfokus, termasuk menggunakan pendekatan naturalistik (semula jadi) untuk menyelidik sesuatu subjek. Cresswell *et al.*, (2016) pula mentakrifkan bahawa penyelidikan kualitatif sebagai proses inkuiri ke arah pemahaman yang didasari kaedah pengumpulan data yang lazim digunakan apabila meninjau sesuatu permasalahan sosial. Reka bentuk kajian yang dijalankan oleh penyelidik ini adalah lebih menjurus kepada cara serta bagaimana untuk mendapatkan jawapan bagi persoalan-persoalan kajian yang telah ditimbulkan. Data terbahagi kepada dua iaitu data primer dan data sekunder.

Jadual 2 Kaedah pemerolehan data kajian berdasarkan objektif

Objektif kajian	Kaedah data	memperolehi data
1. Menenalpasti kesediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI melaksanakan amalan keselamatan dan kesihatan pekerja (KKP) bagi projek pembinaan bertingkat.	1	Data yang diperolehi adalah daripada temu bual (primer).
2. Menenalpasti cabaran kontraktor terhadap kesediaan penggunaan teknologi AI amalan keselamatan dan kesihatan pekerja (KKP) bagi projek pembinaan bertingkat.	2	Data yang diperolehi adalah daripada temu bual (primer).

- Mencadangkan pihak kontraktor dalam meningkatkan kesediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI dalam menguruskan KKP pekerja bagi projek pembinaan bertingkat.

Data yang diperoleh adalah daripada Artikel, kajian lepas, jurnal dan sumber internet (sekunder).

3.1 Populasi dan Sampel Kajian

Populasi kajian ini adalah kontraktor yang berdaftar dengan CIDB Johor Bharu dalam projek pembinaan bertingkat. Pemilihan kumpulan sampel (Responden) adalah dengan merujuk kepada populasi, dan memenuhi syarat dalam kategori kontraktor Gred 6, mengetahui tentang teknologi AI dan pengurusan keselamatan dan kesihatan pekerja di tapak bina.

3.2 Pengumpulan dan analisis data

Pengumpulan kualitatif ini dilakukan secara temu bual secara beremuka bersama resppnden. Semasa sesi temu bual, segala perbualan direkodkan dengan menggunakan aplikasi Loom yang ada di 'laptop' dan isi penting dicatat untuk proses analisis. Sesi temu bual mengambil masa lebih kurang 45 minit bagi setiap responden. Namun begitu, ia bergantung kepada kebolehan responden untuk menjawab soalan dan kekosongan masa untuk ditemu bual. Proses pengumpulan data temu bual mengambil masa selama 3 minggu untuk disiapkan. Analisis hasil kajian adalah menggunakan kaedah analisis kandungan dan dipersembahkan dalam bentuk jadual dan perbincangan bagi memudahkan pemahaman.

4. Analisis dan hasil kajian

4.1 Analisis latar belakang responden

Bahagian ini membincangkan latar belakang responden iaitu individu yang terlibat dengan projek pembinaan bangunan pejabat tenaga sifar bersih. Terdapat tiga responden secara keseluruhan yang ditemu bual bagi menjawab objektif kajian. menunjukkan latar belakang informan berdasarkan pengalaman bekerja, tahap akademik dan juga jawatan yang disandang. Berdasarkan jadual 2, menunjukkan pengalaman bekerja responden yang paling tinggi adalah dari 13-15 tahun iaitu R-1, R-2 dan R-3. Responen 1 dan 3 adalah lelaki. Manakal responden 2 adalah perempuan. Kesemua responden mempunyai tahap pendidikan peringkat Sarjana Muda.

Jadual 3 Latar Belakang responden

Responden	Tahap Akademik	Jantina	Pengalaman Bekerja (tahun)	Nama syarikat
R-1	Sarjana Muda	Lelaki	15	Syarikat A
R-2	Sarjana Muda	Perempuan	13	Syarikat B
R-3	Sarjana Muda	Lelaki	13	Syarikat C

4.2 Analisis Kesediaan Kontraktor Terhadap Pelaksanaan Teknologi AI Dalam Amalan Keselamatan Dan Kesihatan Pekerja (KKP) Bagi Projek Pembinaan Bertingkat

Merujuk kepada jadual 4, menunjukkan analisis kesediaan responden terhadap penggunaan teknologi AI dalam KKP di tapak bina. Kesediaan responden dilihat dari aspek penggunaan di tapak bina, potensi kegunaan AI, mengurangkan risiko, serta sumber dana/kewangan untuk aplikasi AI di tapak bina. Berikut merupakan pandangan Responden 1, 2 dan 3 iaitu;

"...penggunaan AI melalui mesin atau jentera untuk memudahkan pekerjaan pekerja..." (R1).

“...penggunaan mesin pembinaan atau drone tanpa kawalan manusia di tapak bina untuk mengawasi keselamatan di tapak bina...” (R2).

“...dapat meramal dan menganalisis risiko melalui cctv dan kamera di tapak bina...”(R 3).

Berdasarkan pandangan daripada ketiga-tiga responden yang ditemui didapati bahawa responden mengetahui kepentingan penggunaan teknologi AI di tapak bina. Selain, itu, mereka turut mempunyai pemahaman tentang penggunaan AI dari pelbagai sudut seperti AI boleh memudahkan pekerjaan di tapak, boleh mengawasi keselamatan di tapak dan boleh meramal dan menganalisis risiko di tapak bina serta meningkatkan kerja penyelia di tapak bina.

Selain itu, respondent turut memberi pandangan terhadap potensi teknologi AI dalam projek pembinaan. Menurut responden 1 dan 3, teknologi AI dapat menjimatkan kos dan masa. Manakala responden 2 pula berpandangan penggunaan teknologi AI boleh mengurangkan risiko kemalangan di tapak bina. Berikut merupakan pandangan lanjut daripada responden:

“Penggunaan AI sememangnya kosnya tinggi pada awal penggunaannya. Tetapi iadapat mengurangkan kos dalam jangka masa yang panjang, dan mengurangkan tempoh projek. Hal ini kerana ia dapat kurangkan upah buruh, kurangnya kesilapan atau kecuaiian pembinaan serta dapat mengurangkan projek delay.”(R3).

Penyataan ini disokong oleh Helms dan Nixon (2010), menyatakan teknologi AI, boleh menyingkirkan perkara luar jangkaan dan mengurangkan kos dan masa.

Manakala responden 2 pula berpandangan seperti berikut;

“Untuk penggunaan AI di tapak bina, ia dapat kurangkan risiko kerana AI dapat ramal dan analisis risiko yang berlaku di setiap sudut tapak bina.”(R2).

Penyataan ini disokong oleh Rocco (2009), menyatakan membangunkan teknologi ini dengan menggunakan pelbagai peranti termasuk peranti kamera. Terdapat dua kegunaan utama dalam AI iaitu mengesan (detection) dan boleh menjagakan perkara yang akan berlaku (prediction).

Justeru, dapat dirumuskan bahawa semua responden yang ditemubual mengetahui potensi penggunaan teknologi AI untuk KKP di tapak bina. Ini menjelaskan bahawa mereka mempunyai kesediaan yang tinggi untuk mengaplikasi teknologi AI untuk KKP di tapak bina berdasarkan pengetahuan, keyakinan dan kepercayaan bahawa AI berpotensi untuk memberi impak yang baik kepada syarikat mereka.

Jadual 4 Analisis kesediaan kontraktor terhadap pelaksanaan teknologi AI dalam amalan keselamatan dan kesihatan pekerja (KKP) bagi projek pembinaan bertingkat

Kesediaan	Penyataan	Responden
Kegunaan teknologi AI di tapak bina	Penggunaan AI melalui mesin	1,2 & 3
Potensi teknologi AI	Jimat kos dan masa	1 & 3
	Kurangkan risiko	2
Kepercayaan mereka terhadap penggunaan AI dapat mengurangkan risiko	Memantau keadaan keselamatan dan kesihatan di tapak pembinaan.	1 & 2
	Menganalisis data sejarah projek pembinaan	3
Dana / kewangan yang cukup	Ya	0
	Tidak	1,2 & 3

4.3 Analisis Cabaran Kontraktor Terhadap Kesediaan Dalam Penggunaan Teknologi AI Dalam Melaksanakan Amalan KKP di Tapak Bina

Bahagian cabaran kontraktor terhadap kesediaan dalam penggunaan teknologi AI bagi melaksanakan amalan KKP bagi projek pembinaan bertingkat. Terdapat empat soalan yang telah diajukan kepada responden. Merujuk kepada jadual 5 menunjukkan kewangan merupakan antara cabaran dalam penggunaan AI di tapak bina.

Responden 1 dan 2 menyatakan teknologi AI dan teknologi berkaitan boleh melibatkan pelaburan awal yang ketara. Pembelian perkakasan dan perisian, latihan sumber manusia, integrasi dengan infrastruktur boleh menjadi beban kewangan yang besar. Selain itu, penyepaduan teknologi baharu dengan sistem sedia ada dalam projek pembinaan mungkin memerlukan kos tambahan.

“...melatih pekerja untuk menggunakan dan mengurus sistem AI memerlukan masa dan sumber pada awal pelaburan...” (R2)

Manakala R3 pula menyatakan kos penyelenggaraan ini boleh menjadi beban tambahan kepada organisasi. Hal ini kerana tanpa penyelenggaraan sesuatu teknologi akan mencacatkan pelaksanaan projek pembinaan. Manakala kos sampingan yang wujud apabila, latihan dan kursus penggunaan AI dijalankan. Ia bertujuan agar penggunaan teknologi ini berjalan dengan lancar. Selain itu, menurut Rocco (2009), tujuan utama penyelenggaraan teknologi adalah untuk mengekalkan sesebuah teknologi dalam keadaan efektif dari permulaannya.

Kos selenggara teknologi yang tinggi juga perlu untuk memastikan teknologi ini tiada masalah dan tidak rosak semasa projek. Ini menunjukkan persamaan pendapat dengan Luthra *et al.*, (2018), iaitu pelaburan yang sangat tinggi diperlukan oleh organisasi untuk menggunakan teknologi AI. Dari segi kemahiran dan pengalaman pula, menurut R1 dan R3 menyatakan Pengalaman yang terhad dalam melaksanakan teknologi AI dalam bidang pembinaan boleh menjadi halangan. Kontraktor mungkin tidak mempunyai sejarah menggunakan teknologi dalam projek terdahulu, yang boleh menimbulkan ketidakpastian dan kurang keyakinan dalam menghadapi cabaran baharu.

“Bagi kontraktor yang kurang berpengalaman dalam menggunakan AI, mungkin sukar untuk memahami dan mempercayai keputusan yang dihasilkan oleh sistem. Ini boleh mewujudkan ketidakpastian yang berkaitan dengan kebolehppercayaan dan ketepatan teknologi, yang menjejaskan keputusan dan tindakan di lapangan” (R3).

Seterusnya, R2 pula menyatakan bahawa pemahaman itu penting dalam menjalankan sesuatu pekerjaan Teknologi AI dalam bidang pembinaan memerlukan pemahaman yang mendalam tentang cara menggunakan teknologi tersebut. Kontraktor dan pekerja di lapangan perlu menjalani latihan khusus untuk memahami cara berinteraksi dengan sistem AI, mentafsir output mereka dan mengurusnya dengan berkesan. Ini akan menambahkan lagi perbelajaan kami.

Berdasarkan pandangan keseluruhan responden menunjukkan kemahiran dan pengalaman penting dalam menggunakan teknologi AI. Menurut Kamble (2019), kepakaran yang mahir diperlukan dalam operasi dan pengendalian teknologi AI. Jika tiada kemahiran dan pengalaman untuk mengendali teknologi ini akan menjadi halangan dan menambahkan lagi beban para pekerja sekiranya mereka menggunakan teknologi ini semasa fasa pembinaan. Selain itu, dengan tiada kemahiran dan pengalaman juga dapat mengurangkan keyakinan mereka dalam menggunakan teknologi AI. Secara tidak langsung akan melambatkan lagi niat mereka dalam menggunakan teknologi AI di tapak bina. Ini selari dengan pandangan Oesterreich & Teuteberg (2016), yang mneyatakan bahawa penggunaan teknologi baharu memerlukan tahap pengetahuan dan kemahiran tertentu.

Dari segi fasiliti pula, R1 dan R2 menyatakan teknologi AI sememangnya memerlukan fasiliti yang baik terutama rangkaian internet yang pantas. Capaian internet yang stabil dan pantas adalah sangat penting untuk mengoptimumkan penggunaan teknologi AI dalam bidang pembinaan. Sistem AI selalunya memerlukan akses kepada awan atau pusat pelayan untuk pemprosesan data yang cekap.

“Kemudahan yang lengkap dengan infrastruktur teknologi maklumat yang canggih dapat menyokong pelaksanaan teknologi AI. Ini termasuk keperluan sistem penyimpanan data yang diperlukan, dan rangkaian yang pantas dan selamat” (R1).

Manakala R3 pula menyatakan kemudahan yang lengkap dengan peralatan dan perkakasan terkini boleh memudahkan pemasangan dan penyepaduan teknologi AI. Keserasian antara sistem AI dan perkakasan lain harus diperhatikan agar dapat digunakan secara lancar. Keseluruhan responden bersetuju menyatakan bahawa fasiliti yang baik sememangnya memainkan peranan yang penting. Hal ini kerana, teknologi AI memerlukan sistem rangkaian yang kuat untuk menggunakannya. Dengan kemudahan fasiliti yang baik dan cukup membolehkan teknologi AI digunakan secara lancar dan optimum.

Dari segi sokongan dari pihak kerajaan atau swasta pula, R1 dan R3 menyatakan apabila kerajaan atau swasta memberi subsidi atau melabur untuk syarikat pembinaan yang menggunakan teknologi AI boleh menjadi insentif yang berkesan untuk menggalakkan syarikat lebih terbuka kepada inovasi.

“...bantuan kerajaan seperti beri subsidi kepada pengguna teknologi AI di tapak bina dapat menyokong penggunaan AI dalam sektor pembinaan...”(R1).

R1 bersependapat dengan R2 iaitu Program pendidikan dan latihan yang disokong oleh kerajaan boleh membantu meningkatkan keupayaan sumber manusia dalam sektor pembinaan untuk mengguna dan mengurus teknologi AI dengan berkesan.

“...latihan dan pendidikan boleh memberikan hala tuju yang jelas dan meningkatkan kepercayaan dalam penggunaan teknologi AI ini” (R1).

Justeru, responden memberi pandangan bahawa sokongan daripada kerajaan atau swasta memainkan peranan yang penting dalam mendorong setiap kontraktor menggunakan teknologi AI di tapak bina. Hal ini kerana, menurut Abd Rahim (2023), menyediakan sokongan oleh mana-mana organisasi dapat membantu kontraktor dalam proses pembinaan semasa mereka mula menggunakan teknologi AI. Ini akan membantu mengatasi halangan dan kebimbangan yang mungkin timbul. Dengan adanya bantuan dari kerajaan dari segi kewangan seperti subsidi atau diskaun setiap kontraktor yang menggunakan teknologi AI di tapak bina mampu mengurangkan beban kepada mereka. Manakala bantuan dari segi pendidikan dan latihan juga dapat membantu meningkatkan keupayaan pekerja dalam sektor pembinaan untuk mengguna dan menguruskan teknologi AI dengan lebih berkesan.

Jadual 5 Cabaran kontraktor terhadap kesediaan dalam penggunaan teknologi ai melaksanakan amalan keselamatan dan kesihatan pekerja (KKP) bagi projek pembinaan bertingkat

Cabaran	Penyataan	Responden
Kewangan	Pelaburan awal yang ketara. Penyelenggaraan.	I & 2 3
Kekurangan kemahiran dan pengalaman	Pengalaman yang terhad. Memerlukan pemahaman.	I & 3 2
Kemudahan di persekitaran tapak bina	Rangkaian yang stabil. Kemudahan yang lengkap dengan peralatan dan perkakasan terkini .	I & 2 3
Sokongan kerajaan atau swasta	Memberi subsidi. Program pendidikan dan latihan.	I & 3 I & 2

4.4 Analisis Cadangan Kepada Pihak Kontraktor Untuk Meningkatkan Kesediaan Kontraktor Terhadap Penggunaan Teknologi AI Dalam Menguruskan KKP Bagi Projek Pembinaan Bertingkat

Bahagian ini akan membincangkan cadangan kepada pihak kontraktor dalam meningkatkan kesediaan penggunaan teknologi AI dalam menguruskan KKP dalam projek pembinaan bertingkat. Merujuk kepada Jadual 6 terdapat lima cadangan yang disarankan kepada responden. Responden dikehendaki memberikan respon dengan memilih cadangan yang paling baik dan sesuai untuk mereka. Antara cadangan yang dikemukakan ialah bina platform atau forum dalam talian (untuk berkongsi pengetahuan), berkerjasama dengan institusi akademik atau penyedia teknologi dan teknologi AI dimulakan dengan projek yang kecil.

Jadual 6 Cadangan kepada pihak kontraktor dalam meningkatkan kesediaan penggunaan teknologi AI bagi KKP di tapak bina

Cadangan	Penyataan	Responden
Bina platform atau forum dalam talian berkongsi pengetahuan dan pengalaman, isu, trend dan cabaran		I, 2 & 3
Bekerjasama dengan institusi akademik atau penyedia teknologi	Mereka mempunyai karan tentang teknologi AI	I, 2, & 3

Mulakan dengan tugas projek kecil	Pekerja boleh memahami dan melihat hasil yang ketara	I, 2, & 3
	Menjadi sumber motivasi	1
	Dapat melauai pengalaman	3
Sokongan teknikal yang mencukupi	Menyediakan pelatihan untuk pekerja	2
	Kemas kini dan penyelenggaraan	I & 3
Melibatkan pihak pengurusan dalam perbincangan strategik	Menggunakan teknologi AI dalam cara yang baru	3
	Menggunakan Teknologi dengan cara lebih menguntungkan	I & 2

Merujuk jadual 6 menunjukkan cadangan kepada pihak kontraktor dalam meningkatkan kesediaan kontraktor penggunaan teknologi AI dalam menguruskan KKP pekerja bagi projek pembinaan bertingkat. R1 dan R3 menyatakan bina platform atau forum dalam talian dapat berkongsi pengetahuan dan pengalaman mereka menggunakan teknologi AI dalam projek pembinaan. Ini boleh membantu dalam mengatasi cabaran yang mungkin dihadapi dan memberikan pandangan yang berguna kepada mereka yang baru bermula. Ini melibatkan proses pembelajaran melalui pengalaman rakan profesional.

“perkongsian pengalaman dalam komuniti boleh membantu meningkatkan keupayaan dan kemahiran kontraktor dalam melaksanakan dan menggunakan teknologi AI” (R3).

Manakala R2 pula menyatakan komuniti dalam platform boleh memberi info terkini dalam industri, mengkaji isu, trend dan cabaran terkini yang berkaitan dengan penggunaan teknologi AI di tapak pembinaan. Ini membolehkan kontraktor sentiasa mengikuti perkembangan semasa.

Rumusnya, berdasarkan pandangan keseluruhan responden menunjukkan mereka bersetuju dengan cadangan ini iaitu Bina platform atau forum dalam talian untuk berbincang mengenai teknologi AI dan perkongsian pengalaman dalam kalangan kontraktor. Ini membina komuniti di dalam syarikat yang berminat. Hal ini kerana, dengan membina platform untuk membincangkan tentang AI akan memberi impak yang baik kepada syarikat. Bukan sahaja dapat berkongsi pengetahuan dan pengalaman dalam kalangan kontraktor dalam aspek penggunaan teknologi AI di tapak bina malahan dapat mengkaji isu, trend dan cabaran terkini yang berkaitan dengan penggunaan teknologi. Ini membolehkan kontraktor sentiasa mengikuti perkembangan semasa dan membantu meningkatkan keupayaan dan kemahiran kontraktor dalam melaksanakan dan menggunakan teknologi AI.

Untuk kerjasama dengan akademik atau penyelia teknologi pula, kesemua responden bersetuju dengan cadangan untuk bekerjasama dengan institusi akademik atau penyedia teknologi untuk membina dan menguji teknologi AI yang sesuai dengan keperluan syarikat. Kerjasama dengan institusi akademik membolehkan syarikat membangunkan teknologi AI yang lebih sesuai dengan keperluan dan permintaan industri pembinaan. Institusi akademik boleh membantu mengatur penyelesaian yang tepat dan cekap.

“...institusi akademik selalunya mempunyai kepakaran tentang teknologi AI. Bekerja dengan mereka menyediakan akses kepada kepakaran dan pengetahuan terkini dalam pembangunan dan pelaksanaan teknologi AI...” (R1).

Justeru, hasil temubual menunjukkan bahawa para responden bersetuju bahawa bekerjasama dengan institusi akademik atau penyedia teknologi untuk membina dan menguji teknologi AI yang sesuai dengan keperluan syarikat. Hal ini kerana, Menurut Md Akhir (2020), kolaborasi semacam itu dapat membantu dalam pengembangan produk dan layanan AI yang dapat diterapkan dengan efektif di tapak bina. Institusi akademik dan penyelia teknologi mempunyai kepakaran dalam revolusi dan menginovasi teknologi AI dan pengetahuan terkini dalam pembangunan dan pelaksanaan teknologi AI agar bersesuaian dengan pekerjaan yang ada di tapak bina. Mereka juga dapat membantu mengatur penyelesaian yang tepat dan cekap. Ini akan memberi impak

kepada para kontraktor agar dapat memberi kepercayaan dan keyakinan yang tinggi dalam menggunakan AI di tapak bina.

Untuk cadangan seterusnya iaitu mulakan dengan memberikan tugas projek kecil yang melibatkan penggunaan teknologi AI. Kesemua informan bersetuju untuk menggunakan teknologi AI dalam projek kecil kerana dapat menjadikan sumber motivasi kepada pekerja untuk terus belajar dan meningkatkan pemahaman mereka tentang teknologi AI. Kejayaan dalam projek kecil ini boleh menggalakkan minat pekerja untuk meneroka lebih banyak kemungkinan penggunaan teknologi ini.

“walaupun projek itu kecil, aplikasi teknologi AI walaupun dalam konteks yang lebih terhad boleh memberikan peningkatan kecekapan. Pekerja boleh memahami dan melihat hasil yang ketara daripada usaha mereka, termasuk penambahbaikan dalam proses atau pengurangan masa yang diperlukan untuk tugas tertentu” (R2).

Responden juga memperolehi pengalaman secara langsung dalam menyelesaikan tugas dengan teknologi AI, pekerja boleh memahami secara praktikal cara teknologi itu berfungsi dan cara ia boleh digunakan dalam konteks kerja harian mereka.

Rumusnya berdasarkan pandangan yang diberikan oleh keseluruhan responden menunjukkan mereka bersetuju terhadap cadangan ini iaitu mulakan dengan memberikan tugas projek kecil yang melibatkan penggunaan teknologi AI. Ini membantu pekerja merasa lebih yakin dan melihat hasil dari usaha mereka. Hal ini kerana menggunakan teknologi AI dalam projek kecil boleh menjadi sumber motivasi kepada pekerja untuk terus belajar dan meningkatkan pemahaman mereka tentang teknologi AI. Walaupun projek itu kecil, pekerja boleh melihat hasil yang ketara seperti penambahbaikan dalam proses atau pengurangan masa yang diperlukan untuk tugas tertentu. Dengan ini, mereka dapat memahami secara praktikal cara teknologi itu berfungsi dan cara ia boleh digunakan dalam konteks kerja harian mereka.

Penyediaan sokongan teknikal juga merupakan salah satu cadangan untuk meningkatkan kesediaan kontraktor terhadap penggunaan teknologi AI di tapak bina. Hal ini kerana menurut Abd Rahim (2023) menyediakan sokongan teknikal dan pembinaan kepada kontraktor semasa mereka mula menggunakan teknologi AI akan membantu mengatasi halangan dan kebimbangan yang mungkin timbul. R1 menyatakan sokongan teknikal dapat memberikan bantuan segera apabila pekerja menghadapi masalah teknikal. Ini membantu mengurangkan kelewatan sesuatu projek dan meningkatkan kecekapan operasi. Selain itu, latihan pekerja ialah satu lagi aspek penting dalam menyediakan sokongan teknikal berkualiti tinggi, kerana ia membantu ahli kakitangan lebih memahami dalam menggunakan teknologi AI.

Memandangkan teknologi AI sentiasa berubah, peningkatan dan penyelenggaraan perisian yang kerap akan menjadi sebahagian daripada pakej sokongan teknikal yang boleh diterima. Ini akan menjamin sistem sentiasa berfungsi dengan baik dan memenuhi keperluan perniagaan. Kesimpulannya, berdasarkan jawapan keseluruhan responden didapati bahawa mereka menyokong dengan cadangan untuk mendapatkan sokongan teknikal yang mencukupi untuk membantu pekerja mengatasi sebarang cabaran teknikal semasa penggunaan teknologi AI. Aspek ini melibatkan pihak pengurusan dalam perancangan dan perbincangan strategik untuk mengintegrasikan teknologi AI dengan jelas dan merupakan salah satu cadangan yang dipersetujui oleh semua responde.

Selain itu, menurut R1, dengan menetapkan objektif prestasi dan melaraskan pulangan pelaburan (ROI) akan menjadi lebih mudah apabila pengurusan terlibat dalam perbincangan strategik. Ini membantu dalam menilai faedah teknologi AI untuk menjana kewangan. Organisasi mungkin mendapat manfaat daripada teknologi AI dengan menjadi lebih mudah menyesuaikan diri dengan mengubah konteks perniagaan. R3 pula menyatakan dengan penglibatan pengurusan juga boleh menggalakkan pasukan menggunakan teknologi AI dalam cara yang baru. Peluang untuk membangunkan pendekatan baharu dan meningkatkan kecekapan operasi timbul akibatnya.

Kesimpulannya, berdasarkan keseluruhan pendapat yang diberikan oleh para responden menunjukkan mereka bersetuju dengan cadangan melibatkan pihak pengurusan dalam perancangan dan perbincangan strategik untuk mengintegrasikan teknologi AI dengan jelas dalam matlamat dan objektif syarikat. Hal ini kerana menurut Jalil (2023), adalah penting untuk menunjukkan nilai perniagaan yang jelas daripada penggunaan teknologi AI di tapak pembinaan. Organisasi mungkin mendapat manfaat daripada teknologi AI dengan menjadi lebih mudah menyesuaikan diri dengan mengubah konteks perniagaan. Ini mewujudkan peluang untuk berinovasi dan meningkatkan keberkesanan operasi.

4.5 Perbincangan

Berdasarkan hasil kajian kesediaan kontraktor terhadap penggunaan AI di tapak bina, dapat dirumuskan bahawa responden yang ditemui memahami dan mengetahui tentang kebaikan dan potensi kegunaan teknologi AI dalam KKP di tapak bina. Justeru, mereka mempunyai kesediaan untuk mengaplikasi teknologi AI dalam KKP di tapak bina. Sungguhpun responden bersedia untuk melaksanakan teknologi AI dalam amalan KKP di tapak bina, mereka turut berhadapan dengan cabaran yang mempengaruhi penerimaan dan penggunaan teknologi ini secara menyeluruh. Antara cabaran yang dinyatakan adalah keperluan kursus dan latihan untuk pemahaman yang lebih mendalam terhadap kegunaan AI. Selain itu, penyesuaian kepada budaya organisasi dan integrasi yang cekap dalam operasi harian juga merupakan faktor utama. Walaupun terdapat cabaran dan ketidakpastian dalam kalangan responden, mereka tetapi bersetuju dengan potensi peningkatan produktiviti, keselamatan, dan kualiti kerja menyokong implikasi positif bagi kontraktor yang bersedia dalam menggunakan teknologi AI di tapak bina. Oleh yang demikian cadangan yang dikemukakan oleh pengkaji kepada responden telah dipersetujui bagi meningkatkan kesediaan kontraktor dalam mengaplikasikan teknologi AI dalam KKP di tapak bina. Ia adalah selaras dengan padangan beberapa kajian lepas yang mengulas berkaitan kepentingan dan kebaikan teknologi dalam amalan pengurusan KKP di tapak bina.

5. Kesimpulan

Kesimpulannya, kajian ini telah berjaya menentukan bahawa responden yang ditemui memahami dan menyedari potensi kebaikan teknologi AI dalam pelaksanaan KKP di tapak bina. Justeru, responden mempunyai kesediaan bagi melaksanakan AI dalam amalan KKP di tapak bina bagi binaan bertingkat. Walaupun mereka berhadapan dengan beberapa cabaran seperti kewangan, kursus dan latihan, namun mereka percaya cabaran tersebut boleh diatasi dengan beberapa langkah bagi meningkatkan pelaksanaan ini menerusi kerjasama dengan industri, sokongan kerajaan, sokongan teknikal dan memulakan dengan projek yang kecil. Semua ini adalah asas yang baik bagi meningkatkan penglibatan kontraktor dalam projek berskala besar di masa akan datang apabila mereka mempunyai keyakinan, kemahiran dan sokongan daripada kerajaan. Adalah diharapkan sektor pembinaan turut memanfaatkan teknologi AI bagi meningkatkan kecekapan pengawasan risiko KKP di tapak bina. Secara tidak langsung, risiko dan kemalangan di tapak bina dapat dikurangkan dari masa ke masa.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada FPTP, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia menerusi Pejabat Penerbit UTHM yang sentiasa menyokong dan memberi laluan kepada penerbitan staf. Sistem sokongan yang baik akan menghasilkan persekitaran yang kondusif dan secara tidak langsung produktiviti penerbitan akan semakin melonjak.

Konflik Kepentingan

Penulis mengumumkan bahawa tidak ada konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

Sumbangan Penulis

*Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: **konsepsi dan reka bentuk kajian:** Mohamad Amirullah Bin Mahasan, Haryati Shafii; **pengumpulan data:** Mohamad Amirullah Bin Mahasan; **analisis dan interpretasi hasil:** Mohamad Amirullah Bin Mahasan; **penyediaan draf manuskrip:** Mohamad Amirullah Bin Mahasan, Haryati Shafii, Roshartini Omar, Norliana Sarpin, Zailawati Khalid, Azlina Md Yassin & Haidaliza Masram. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.*

Rujukan

- Abd Rahim, M. H. I. (2023). Kajian Penggunaan Teknologi IR 4.0 Dalam Pengurusan Sisa Pepejal Bagi Kerja Pembinaan di Tapak Bina. *Research in Management of Technology and Business*, 4(1), 1267-1279.
- Affandi, A. Z. B. M., & Bahan, J. U. (2019) Persediaan Majikan Dan Pihak Universiti Awam Dalam Menghadapi Cabaran Revolusi Perindustrian 4.0. At Stanford Search Results. (n.d.).
- Avron Barr (2012) The History of Artificial Intelligence - https://exhibits.stanford.edu/ai/catalog?f%5Bauthor_person_facet%5D%5B%5D=Barr%2C%2BAvron%2C%2B1949-&view=list
- Bernama. (2019, March 22). Sektor Pembinaan catat Kemalangan Maut tertinggi di johor. *Sinar Harian*. <https://www.sinarharian.com.my/article/19510/edisi/Iphpr/sektor-pembinaan-catat-kemalangan-maut-tertinggi-di-johor>

- Bostrom, N., & Yudkowsky, E. (2018). The ethics of artificial intelligence. In *Artificial intelligence safety and security* (pp. 57-69). Chapman and Hall/CRC.
- Cihuy, P. G. (2019). *Mencari Peluang di REVOLUSI INDUSTRI 4.0 Untuk Melalui Era Disrupsi 4.0*: Queen Publisher. Queency Publisher.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- Dorji, K., & Hadikusumo, B. H. (2006). Safety management practices in the Bhutanese construction industry. *Journal of construction in developing countries*, 11(2), 53-75
- Hassan, A. M., Ripin, M. N., Haron, Z., Nor, N. H. M., Hehsan, A., Tahir, N., & Dahlan, A. D. (2017). Impact Of Internet Of Things On Development Of Muslims: Kesan "Internet Of Things (Iot)" Terhadap Pembangunan Umat Islam. Al-Qanadir: *International Journal of Islamic Studies*, 8(5), 1-12.
- Helms, M. M., & Nixon, J. (2010). Exploring SWOT analysis—where are we now? A review of academic research from the last decade. *Journal of strategy and management*, 3(3), 215-251.
- Ismail, P. M., Noh, K. A. M., & Awang, P. N. A. (2019). Tengku Permaisuri Norashikin inaugurates Royal Biodiversity Scientific Expedition of Construction Projects. *College of Technology Masters Theses*, 76.
- Jaini, M. F. M., & Yahya, M. Y. (2021). Pelaksanaan dan Cabaran Teknologi Internet of Things (IoT) Di Kalangan Kontraktor Dalam Sektor Industri Pembinaan. *Research in Management of Technology and Business*, 2(2), 641-654.
- Jalil, M. R., Harun, Q. N., & Azizi, H. F. M. (2023). Impak Pandemik Covid-19 Terhadap Pembangunan Hab Data & Teknologi Kepintaran Buatan di Malaysia: The Impact of The Covid-19 Pandemic on The Development of Data Hub & Artificial Intelligence Technology in Malaysia. *International Journal of Interdisciplinary and Strategic Studies*, 4(6), 406-423.
- John Page *et al.*, (2018), John. Page, M. Bain and F. Mukhlis, "The Risks of Low Level Narrow Artificial Intelligence," (2018) IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR), Shenyang, China, 2018, pp. 1-6, doi: [10.1109/IISR.2018.8535903](https://doi.org/10.1109/IISR.2018.8535903).
- Kamble, S., Gunasekaran, A., & Arha, H. (2019). Understanding the Blockchain technology adoption in supply chains-Indian context. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2009-2033.
- Khan, S., Paul, D., Momtahan, P., & ... (2018). Artificial intelligence framework for smart city microgrids: State of the art, challenges, and opportunities. 2018 *ThrdInternational*....<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8364080/>
- Luthra, S., Garg, D., Mangla, S. K., & Berwal, Y. P. S. (2018). Analyzing challenges to Internet of Things (IoT) adoption and diffusion: An Indian context. *Procedia Computer Science*, 125, 733-739.
- Marlow, C. (2001). *Research methods for generalist social work*. 3rd ed. Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole Pub. Co.
- Md Akhir, N., Tengku Sulaiman, T. S. R. M., Mohd Isnani, Z. H., Zainal, D. N., Amirnordin, N. A., & Abd Karim, H. (2020). *Teknologi dalam perniagaan*. *ASPIRASI FPP*, 38-41.
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in industry*, 83, 121-139.
- Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122, 103517.
- Rocco, V. (2009), Retrieved from Lorman Education Services: project handling- claims-and-disputes-14992 [10 November 2015].
- Soman, R. K., & Whyte, J. K. (2020). Codification challenges for data science in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(7), 04020072.
- Tandjung, S. A. B. M. Tahap Pengetahuan Reka Bentuk Pengurusan Projek, Risiko Penggunaan Jentera Dan Pengenalpastian Hazard Terhadap Amalan Keselamatan Dalam Kalangan Pekerja Industri Pembinaan Di Malaysia.
- Tang, S., Shelden, D. R., Eastman, C. M., Pishdad-Bozorgi, P., & Gao, X. (2019). A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends. *Automation in Construction*, 101, 127-139.
- Wahab, N. B. A. (n.d.)(2023). Kes Kemalangan Maut. free statistics. Retrieved April 19, 2023, from <https://www.dosh.gov.my/index.php/ms/fatal-accident-case>
- Zakaria, Z. F., & Yahya, M. Y. (2023). Cabaran Penggunaan Teknologi Internet of Things (IoT) Dalam Industri Pembinaan di Malaysia. *Research in Management of Technology and Business*, 4(1), 1236-1