

Kajian Penggunaan *Intenet of Things (IoT)* di Tapak Pembinaan

Study on the Use of Intenet of Things (IoT) at Construction Sites

Tan Li Fei¹, Norliana Sarpin^{1,2*}, Roshartini Omar^{1,2} & Haryati Shafii^{1,2}

¹ Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Johor, 86400 MALAYSIA

² Center of Sustainable Infrastructure and Environmental Management (CSIEM), Fakulti Pengurusan Teknologi
dan Perniagaan,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor 86400, MALAYSIA

*Pengarang Utama: norliana@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2024.00.00.000>

Maklumat Artikel

Diserah: 31 March 2025
Diterima: 30 April 2025
Diterbitkan: 30 June 2025

Kata Kunci

Teknologi *Intenet of Things (IoT)*,
Tapak Pembinaan, Kontraktor G7,
Johor Bahru

Abstrak

Industri pembinaan Malaysia khususnya dalam kalangan kontraktor sedang mengalami transformasi yang ketara melalui penyepaduan teknologi *Intenet of Things (IoT)*. Walaubagaimanapun penggunaan *IoT* di kalangan kontraktor pembinaan masih di tahap yang rendah. Masalah utama dalam sektor pembinaan Malaysia ialah tahap produktiviti yang rendah disebabkan oleh kelewatan dalam pendigitalan dan cabaran dalam penggunaan teknologi *IoT*, seperti isu keselamatan siber, penyepaduan data, dan sambungan yang tidak stabil di tapak pembinaan. Kajian ini bertujuan untuk menilai pemahaman kontraktor tentang *IoT*, mengenal pasti faedahnya, dan mencadangkan langkah untuk meningkatkan penggunaannya di tapak pembinaan. Kajian ini menggunakan metodologi penyelidikan kuantitatif, di mana borang soal selidik telah diedarkan kepada 234 responden. Seramai 143 responden mewakili 60.6% telah memberi maklum balas. Dengan bantuan perisian SPSS, data kuantitatif kajian ini dianalisis secara deskriptif. Dapatan kajian menunjukkan bahawa walaupun pemahaman kontraktor tentang *IoT* masih terhad, terdapat peningkatan kesedaran tentang potensi manfaatnya, terutamanya dalam meningkatkan keselamatan dan produktiviti di tapak pembinaan. Untuk meningkatkan penggunaan teknologi *IoT*, kajian itu mencadangkan langkah strategik seperti latihan pekerja yang komprehensif dan pelaburan dalam infrastruktur digital. Secara keseluruhan, kajian ini menggariskan potensi transformatif *IoT* dalam merevolusikan industri pembinaan, menonjolkan keperluan untuk strategi yang disasarkan untuk menangani cabaran teknikal dan menggalakkan integrasi teknologi.

Keywords

IoT Technology, Construction Site, G7

Abstract

The Malaysian construction industry, especially among contractors, is

Contractor, Johor Bahru

experiencing significant transformation through the integration of Internet of Things (IoT) technology. However, the use of IoT among construction contractors is still at a low level. The main problem in Malaysia's construction sector is the low level of productivity due to delays in digitization and challenges in the use of IoT technology, such as cybersecurity issues, data integration, and unstable connectivity at construction sites. This study aims to assess contractors' understanding of IoT, identify its benefits, and suggest measures to increase its use on construction sites. This study uses a quantitative research methodology, where a questionnaire was distributed to 234 respondents. A total of 143 respondents, representing 60.6%, have given feedback. With the help of SPSS software, the quantitative data of this study were analyzed descriptively. The findings of the study show that although contractors' understanding of IoT is still limited, there is an increasing awareness of its potential benefits, especially in improving safety and productivity on construction sites. To increase the adoption of IoT technology, the study suggests strategic measures such as comprehensive employee training and investment in digital infrastructure. Overall, this paper outlines the transformative potential of IoT in revolutionizing the construction industry, highlighting the need for targeted strategies to address technical challenges and promote technology integration.

1. Pendahuluan

Industri pembinaan diiktiraf sebagai industri yang memberi sumbangan besar kepada pembangunan ekonomi dan sosial sesebuah negara (Paz *et al.*, 2020). Ia merujuk kepada cabang perindustrian pembuatan dan perdagangan yang berkaitan dengan pembinaan, pembaikan, pengubahsuaian dan penyelenggaraan infrastruktur.

Walaupun dilihat sebagai konservatif, sektor pembinaan semakin mengamalkan teknologi baharu. Sama seperti bagaimana Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) telah menjadi penting kepada peringkat reka bentuk, *IoT* sudah pun memberi kesan dan mengubah setiap aspek pembinaan, daripada penyediaan tapak kepada penyelenggaraan (Lorusso & Celenta, 2023). Rangkaian *IoT*, yang terdiri daripada penderia dan penggerak rangkaian, membolehkan data dikongsi dan digambarkan dalam masa nyata pada platform yang mudah digunakan. Menurut penyelidikan Lorusso & Celenta (2023), banyak industri, termasuk automotif, penjagaan kesihatan, telekomunikasi dan sektor pendidikan, telah menemui kegunaan teknologi ini.

Menurut Malhotra *et al.* (2021), *IoT* telah muncul hasil daripada pertumbuhan pantas sektor teknologi, termasuk pengenalan frekuensi radio (RFID), rangkaian penderia wayarles (WSN), komunikasi mudah alih dan pelbagai protokol ringan. Menggunakan penderia, penggerak dan komponen bersambung dan wayarles lain, Internet Perkara bertujuan untuk memautkan berbilion unit atau entiti berbeza secara dinamik di dalam ekosistem. Melalui integrasi unsur-unsur ini, *IoT* memungkinkan pengumpulan, pemprosesan, dan perkongsian data secara automatik, yang memberikan pelbagai kelebihan, kemudahan, dan kecekapan dalam kehidupan seharian dan aplikasi industri.

Peningkatan penggunaan *IoT* dalam sektor pembinaan telah diperhatikan dalam beberapa penyelidikan dan penerbitan industri. *IoT* global dalam saiz pasaran pembinaan ialah \$12.3 bilion dan akan mencapai \$26.5 bilion menjelang 2027 dengan Kadar Pertumbuhan Tahunan Kompaun (CAGR) sebanyak 16.5%, menurut syarikat penyelidikan pasaran terkemuka seperti Statista, Alliedmarket Research, MarketandMarkets, dan lain-lain. Selain itu, faktor utama yang mendorong *IoT* dalam pembinaan adalah keselamatan dan produktiviti untuk tempoh ramalan 2022-2030 (Nagar, 2023).

Penggunaan teknologi *IoT* untuk komunikasi pintar, pengangkutan yang berkesan, keselamatan tapak, kawalan keselamatan, pemantauan alam sekitar, pengurusan projek, dan pengurusan kuasa, bahan api dan tenaga dibincangkan oleh Ibrahim *et al.* (2021). Selain itu, penyelidikan menunjukkan bahawa penggunaan Industri 4.0 dalam sektor pembinaan bergantung kepada penggabungan teknologi termaju seperti Blockchain dan *IoT* sebagai keperluan untuk automasi proses nilai tambah dan sistem pemerolehan data (Hosseini *et al.*, 2021).

Industri pembinaan berkembang pesat dan terdapat banyak projek pembinaan dan tapak pembinaan sedang dilaksanakan di Malaysia. Tapak pembinaan adalah tempat yang dinamik dan rumit di mana banyak perkara berlaku serentak. Pembangunan infrastruktur, yang termasuk mendirikan bangunan, jambatan, jalan raya dan loji kuasa, bergantung pada lokasi ini.

Keterbukaan Malaysia kepada teknologi *IoT* dan tenaga kerja yang besar dalam industri pembinaan walaupun, inisiatif pendigitalan negara telah ketinggalan berbanding industri lain, yang membawa kepada tahap produktiviti yang rendah. Walaupun penting untuk menerima pakai teknologi baharu, seperti *IoT*, sektor ini menghadapi kesukaran. Wabak ini telah menyerlahkan keperluan untuk pembaharuan, menjadikan pihak berkepentingan di seluruh dunia menyedari betapa produktiviti, kemampanan dan kemampuan dalam industri bangunan perlu dipertingkatkan dengan segera (CIDB, 2022). Menurut Mohamad *et al* (2023), Malaysia mempunyai kadar penggunaan teknologi positif sebanyak 110, yang menunjukkan bahawa negara ini proaktif dalam menerima teknologi baharu. Di Sepang, Selangor, 71 kontraktor G7 mengambil bahagian dalam penyelidikan, dan didapati 51% daripada mereka menjawab soalan mengenai penggunaan *IoT* (Khouluddin *et al*, 2023). Walau bagaimanapun, peratusan khusus penggunaan keseluruhan kontraktor masih sukar difahami.

Menurut Abdullah *et al*. (2019), terdapat isu keselamatan siber adalah salah satu cabaran yang dihadapi semasa penggunaan *IoT*. Perlindungan keselamatan siber yang kukuh selalunya tidak terdapat di tapak pembinaan, menyebabkan peranti *IoT* terdedah kepada bahaya termasuk serangan bermusuhan, akses tanpa kebenaran dan pelanggaran data. Melindungi maklumat sensitif yang dijana dan dihantar oleh peranti *IoT* memerlukan memastikan integriti data, kerahsiaan dan pengesahan.

Penyepaduan data adalah satu lagi cabaran *IoT* yang penting. Jumlah data yang besar dihasilkan oleh peranti *IoT* menggunakan penerima yang diletakkan di seluruh tapak bangunan. Untuk mendapatkan cerapan berguna yang mungkin meningkatkan keberkesanan operasi dan membuat keputusan, adalah penting untuk menyepadukan dan mengurus data yang berbeza ini dengan cara yang cekap. Untuk mengekstrak maklumat berguna daripada banjir data, ini memerlukan memastikan pengagregatan data yang berkesan, pilihan storan yang boleh dipercayai dan alat analitik yang berkuasa disediakan (Lorusso & Celenta, 2023). Menurut Lorusso & Celenta (2023), dalam tapak pembinaan, sambungan mempunyai set masalahnya sendiri. Ruang terbuka yang besar dengan pelbagai keadaan kerja, termasuk lokasi terpencil dengan infrastruktur yang tidak mencukupi, adalah perkara biasa di tapak pembinaan. Teknologi LPWAN khusus, rangkaian selular atau Wi-Fi ialah contoh infrastruktur rangkaian yang boleh dipercayai yang diperlukan untuk menyediakan sambungan tanpa gangguan untuk peranti *IoT* di seluruh tapak. Menyelesaikan isu sambungan adalah penting untuk mengekalkan pemindahan data dan komunikasi masa nyata di seluruh tapak pembinaan.

Kesimpulannya, sektor pembinaan Malaysia berkembang dengan pantas, dan negara menerima teknologi *IoT*. Walau bagaimanapun, usaha pendigitalan telah ketinggalan, mengakibatkan tahap produktiviti yang rendah. Untuk menggunakan *IoT* sepenuhnya dalam pembinaan, halangan termasuk kelemahan keselamatan siber, kebimbangan penyepaduan data dan isu sambungan perlu diselesaikan. Meningkatkan produktiviti, kemampanan dan kemampuan dalam industri memerlukan memastikan langkah keselamatan siber yang kukuh, pengurusan data yang berkesan dan infrastruktur sambungan yang boleh dipercayai. Melalui kejayaan pelayaran cabaran ini, Malaysia akan dapat menggunakan sepenuhnya *IoT* untuk memodenkan sektor pembinaannya dan mencapai peningkatan produktiviti dan daya saing. Oleh itu, objektif kajian yang hendak dicapai melalui kajian ini adalah termasuk (i) Untuk mengenalpasti kefahaman kontraktor G7 berkaitan kepentingan teknologi *IoT* di tapak pembinaan, (ii) Untuk mengenalpasti kebaikan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan, dan (iii) Untuk mencadangkan langkah-langkah meningkatkan kontraktor menggunakan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

Skop kajian ini adalah untuk menilai penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan, khususnya di kalangan kontraktor G7 di Johor Bahru, Johor. Responden terdiri daripada pengurus projek dan jurutera tapak yang bekerja di syarikat kontraktor G7 berdaftar dengan CIDB, 2023. Daripada 580 kontraktor G7 di Johor Bahru, kajian ini mensasarkan 234 responden berdasarkan saiz sampel Krejcie dan Morgan, dan menerima maklum balas daripada 143 responden (60.6%). Hasil kajian diharap dapat memberikan gambaran tentang tahap penggunaan dan kefahaman kontraktor G7 terhadap *IoT*, serta potensi teknologi ini dalam meningkatkan kecekapan dalam industri pembinaan.

2. Kajian Literatur

2.1 Definisi *IoT*

Internet of Things (IoT) merujuk kepada sistem perangkaian yang melibatkan peranti komputer, peralatan elektronik dan mekanikal, serta item atau orang yang diberikan pengecam sistem unik (UID) untuk memindahkan data tanpa interaksi manusia-ke-manusia atau komputer-ke-manusia (Laghari & Celenta, 2023). Lebih daripada sekadar menyambungkan peranti, *IoT* merangkumi ekosistem perkhidmatan, perisian, dan perkakasan yang terdiri daripada penerima dan penggerak pengumpulan data, protokol komunikasi untuk interaksi peranti-ke-peranti dan peranti-ke-awan, platform analitik data yang mengekstrak cerapan, serta antara muka pengguna untuk mengawal dan berinteraksi dengan peranti (Qadri *et al*, 2020).

Menurut Grill dan Yasar (2023), *IoT* juga dapat digambarkan sebagai rangkaian objek bersambung yang berkomunikasi dengan awan dan peranti lain untuk berkongsi data. Oke, Arowoia, dan Akomolafe (2020) pula

menekankan bahawa *IoT* melibatkan rangkaian objek dengan penderia, perisian, dan sambungan terbina dalam yang membolehkan pengumpulan serta perkongsian data, menjadikannya lebih responsif.

2.2 Aplikasi *Internet of Things (IoT)* dalam Industri Pembinaan

2.2.1 Dron

Dron ialah platform terbang dikawal dari jauh yang dilengkapi dengan penderia dan GPS, terutamanya digunakan dalam pembinaan untuk ukur dan pemantauan (Mohammed, 2022). Menurut Sergi *et al.* (2020), mereka menangkap imej udara dan menyediakan dokumentasi masa nyata kemajuan tapak, meningkatkan keselamatan dengan membenarkan pemeriksaan dari tanah, sekali gus menjimatkan masa dan kos.

2.2.2 Robot di Tapak Pembinaan

Merunut Oliveira *et al.* (2021), robot digunakan di tapak pembinaan untuk melaksanakan pelbagai tugas, mengurangkan keperluan buruh manusia. Mereka meningkatkan produktiviti dengan mengambil alih pekerjaan yang menuntut secara fizikal, seperti mengangkat berat, membenarkan pekerja manusia menumpukan pada aktiviti penting lain.

2.2.3 Teknologi Boleh Dipakai

Peranti boleh pakai, seperti topi keledar pintar, membolehkan pengesanan pergerakan pekerja dan memaklumkan mereka tentang bahaya. Mereka boleh mengesan keadaan berbahaya dan memantau metrik kesihatan, seperti suhu dan kadar denyutan jantung, membantu mencegah penyakit berkaitan haba dengan memberitahu pengurus tapak tentang pekerja berisiko (Choudhary *et al.*, 2021).

2.2.4 Penderia Pemantauan

Menurut Desogus, *et al.* (2021), penderia pemantauan disepadukan ke dalam peralatan pembinaan untuk menggalakkan amalan mesra alam. Mereka membantu mengesan kemungkinan kerosakan dan keperluan penyelenggaraan, membolehkan perancangan penyelenggaraan pencegahan untuk mengurangkan risiko kegagalan peralatan.

2.2.5 Percetakan tiga dimensi (3D)

Menurut Mohammed (2022), percetakan 3D sedang mengubah pembinaan dengan mempercepatkan proses pembinaan dan membenarkan penciptaan komponen daripada pelbagai bahan. Contoh ketara termasuk rumah yang dibina oleh WinSun pada 2014 dan jambatan keluli tahan karat yang dicipta oleh MX3D, mempamerkan kecekapan teknologi dan keupayaan pengurangan sisa (Panoff *et al.*, 2021).

2.3 Kepentingan *IoT* di tapak pembinaan

2.3.1 Peningkatkan keselamatan

Penderia *IoT* meningkatkan keselamatan tapak dengan memantau keadaan persekitaran, menjejaki pergerakan pekerja dan mengesan bahaya. Teknologi ini mengurangkan kemalangan dan meningkatkan keselamatan dengan memastikan pematuhan piawaian keselamatan, seperti pemantauan masa nyata kualiti udara dan tahap bunyi, yang melindungi kesihatan pekerja.

2.3.2 Pengurangan kos operasi

Penyepaduan teknologi *IoT* sedang mengubah industri pembinaan dengan meningkatkan kecekapan operasi dan mengurangkan kos. Dengan menyambungkan aset fizikal melalui penderia dan analisis data, firma pembinaan boleh mendayakan pemantauan masa nyata dan penyelenggaraan ramalan, yang membawa kepada pengurusan peralatan yang proaktif, masa henti yang diminimumkan dan penjimatan kos yang ketara (Nanang Reda, 2023).

2.3.3 Peningkatkan kecekapan kerja

Teknologi *IoT* meningkatkan kecekapan kerja dengan mengautomasikan tugas, menyediakan data masa nyata untuk membuat keputusan termaklum, dan memperkemas komunikasi dalam kalangan pihak berkepentingan. Aplikasi utama termasuk meningkatkan kecekapan pengurusan pembinaan, produktiviti dan keselamatan, seperti yang diserlahkan oleh Techvify (2024).

2.3.4 Pelabur dalam teknologi *IoT* untuk projek pembinaan masa depan

Kesediaan untuk melabur dalam teknologi *IoT* berbeza-beza di kalangan syarikat pembinaan, dipengaruhi oleh pulangan pelaburan yang dilihat, potensi kelebihan daya saing dan ketersediaan sumber untuk pelaksanaan. Sebagai contoh, Theta Edge Berhad melabur RM673.8 juta untuk membangunkan teknologi *IoT* Ekonomi Pintar di Ampang Jaya, menunjukkan komitmen terhadap transformasi digital dalam sektor pembinaan (Utusan, 2025).

2.3.5 Peningkatkan daya saing dalam industri pembinaan

Mengguna pakai teknologi *IoT* semakin diiktiraf sebagai strategi untuk memperoleh kelebihan daya saing dalam industri pembinaan, terutamanya dalam kalangan kontraktor G7. Menurut Shvets & Hanák (2018), pengguna awal mendapat manfaat daripada penyampaian projek yang dipertingkatkan, rekod keselamatan dan keuntungan disebabkan oleh data dan cerapan masa nyata yang meningkatkan kecekapan membuat keputusan dan operasi.

2.4 Kebaikan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

2.4.1 Peningkatkan keselamatan

Inovasi *IoT* membolehkan pemantauan masa nyata kesihatan dan keselamatan pekerja, seperti sistem yang menjejak suhu badan untuk mencetuskan amaran untuk keadaan berbahaya. Peranti boleh pakai telah dikaitkan dengan pengurangan 40% dalam kemalangan di tapak pembinaan (Adeyemo, 2024). Walaupun menghadapi cabaran seperti privasi data dan keperluan infrastruktur, peranan *IoT* dalam pengesanan bahaya dan pemantauan masa nyata adalah penting untuk meningkatkan keselamatan tempat kerja.

2.4.2 Pengurangan pembaziran bahan

Teknologi *IoT* meminimumkan pembaziran bahan dalam pembinaan dengan ketara melalui pengurusan inventori yang lebih baik dan penyelenggaraan ramalan. Menurut Camcode (2024), penderia yang didayakan *IoT* dan teg RFID menyediakan penjejakan masa nyata bahan, membantu mengelakkan lebih stok dan kekurangan. Penyelenggaraan ramalan menghalang kegagalan peralatan yang boleh menyebabkan sisa bahan, memastikan penggunaan sumber yang cekap dan penajaran yang lebih baik dengan keperluan projek.

2.4.3 Peningkatkan kecekapan sumber

Teknologi *IoT* meningkatkan kecekapan sumber, terutamanya dalam pengurusan tenaga. Menurut Himer *et al.* (2023), penderia *IoT* memantau penggunaan tenaga dalam masa nyata, membolehkan organisasi mengenal pasti ketidakcekapan dan mengoptimalkan corak penggunaan. Ini membawa kepada pengurangan kos tenaga yang besar dan menyokong amalan mampan melalui penyelenggaraan ramalan dan strategi operasi yang lebih baik.

2.4.4 Pemantauan masa nyata di tapak pembinaan telah menjadi lebih mudah

Teknologi *IoT* memudahkan pemantauan alam sekitar di tapak pembinaan dengan menyediakan data masa nyata tentang keadaan seperti suhu, kelembapan dan kualiti udara. Keupayaan ini meningkatkan keselamatan dan menyokong pembuatan keputusan termaklum, membolehkan pengurusan proaktif risiko alam sekitar (Katie, 2024).

2.4.5 Pengurangan risiko kerosakan peralatan melalui penyelenggaraan yang lebih baik

Teknologi *IoT* mengubah amalan penyelenggaraan melalui penyelenggaraan ramalan dan pemantauan jarak jauh. Menurut kajian oleh Teknologi ADLINK, penyelenggaraan ramalan menggunakan data masa nyata untuk menjangkakan kegagalan peralatan, meminimumkan masa henti dan memanjangkan jangka hayat jentera. Pemantauan jauh membolehkan pengesanan awal isu tanpa pemeriksaan di tapak, meningkatkan kebolehpercayaan peralatan (Adlink, 2025).

2.4.6 Peningkatkan kerjasama antara pasukan di tapak pembinaan.

Platform *IoT* menghubungkan pelbagai peranti dan sistem untuk memudahkan pertukaran maklumat antara pihak berkepentingan projek, memastikan akses kepada data terkini bagi membuat keputusan yang lebih baik. Kajian oleh Khatib *et al.* (2023) menunjukkan bahawa *IoT* dapat mengautomatiskan tugas, meningkatkan komunikasi melalui platform terpusat, dan membolehkan pasukan projek memantau kemajuan, menjejaki sumber, serta menangani isu dengan cepat. Keupayaan untuk berkomunikasi dalam masa nyata membantu mengurangkan salah faham dan meningkatkan koordinasi, yang seterusnya meningkatkan kecekapan dan produktiviti di tapak pembinaan.

2.4.7 Memberikan data yang lebih baik untuk membuat keputusan yang lebih bijak di tapak pembinaan

Teknologi *IoT* meningkatkan pengurusan risiko dengan menyediakan data masa nyata yang membantu mengenal pasti dan mengurangkan potensi risiko. Pemantauan berterusan keadaan tapak membolehkan campur tangan tepat pada masanya, meningkatkan keselamatan dan kecekapan projek sambil menyumbang kepada penjimatan kos dan hasil keseluruhan yang lebih baik (Kineber, 2024).

2.4.8 Peningkatkan produktiviti keseluruhan projek pembinaan

Teknologi *IoT* meningkatkan produktiviti dalam projek pembinaan dengan mengurangkan masa henti dan menambah baik penggunaan peralatan melalui penyelenggaraan ramalan. Data masa nyata membolehkan membuat keputusan yang cepat, menangani kesesakan dan mengoptimumkan aliran kerja, yang membawa kepada penyiapan projek yang lebih pantas dan kepuasan pelanggan yang lebih baik (Kineber, 2024).

2.5 Langkah-langkah meningkatkan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

2.5.1 Latihan Pekerja Berterusan

Latihan berterusan adalah penting untuk penggunaan berkesan teknologi *IoT* dalam pembinaan. Program latihan tetap melengkapkan pekerja dengan kemahiran yang diperlukan untuk mengemudi kerumitan *IoT*, merapatkan jurang pengetahuan dan meningkatkan keyakinan mereka dalam menggunakan penyelesaian *IoT* (Sivakumaran, 2021). Budaya pendidikan berterusan memastikan tenaga kerja bersedia untuk memanfaatkan teknologi *IoT* dengan berkesan.

2.5.2 Menyediakan infrastruktur digital yang lebih baik adalah perlu untuk menyokong teknologi *IoT* di tapak pembinaan

Infrastruktur digital yang boleh dipercayai, termasuk internet berkelajuan tinggi dan rangkaian data selamat, adalah penting untuk kejayaan operasi peranti *IoT*. Asas digital yang kukuh membolehkan penghantaran data yang cekap dan membantu merealisasikan faedah penuh *IoT*, seperti keselamatan yang lebih baik dan pengurusan sumber (Katiyar & Kumar, 2021).

2.5.3 Mengadakan seminar dan bengkel berkaitan *IoT* secara berkala dapat meningkatkan kesedaran dan pemahaman penggunaannya

Seminar dan bengkel yang kerap adalah penting untuk meningkatkan kesedaran tentang faedah teknologi *IoT* dalam pembinaan. Menurut ulasan oleh Katiyar & Kumar (2021), inisiatif pendidikan ini menggalakkan perkongsian pengetahuan dan memberikan pandangan praktikal, membantu profesional industri memahami aplikasi *IoT* dan memacu integrasi teknologi inovatif.

2.5.4 Memperkenalkan polisi yang mewajibkan penggunaan teknologi *IoT* dalam projek pembinaan dapat meningkatkan penggunaannya

Melaksanakan dasar mandatori untuk penggunaan teknologi *IoT* dalam projek pembinaan boleh memberi insentif kepada penggunaan dan memacu kecekapan. Menurut Katiyar & Kumar (2021), peraturan kerajaan dan piawaian industri mewujudkan rangka kerja yang menggalakkan pematuhan dan inovasi, memastikan penyelesaian *IoT* digunakan dengan berkesan.

2.5.5 Menjalankan kajian kes mengenai kejayaan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan boleh meningkatkan keyakinan pengguna

Mempamerkan pelaksanaan *IoT* yang berjaya melalui kajian kes boleh menggalakkan pihak berkepentingan lain untuk mengguna pakai teknologi ini. Menyerlahkan aplikasi yang berkesan membina keyakinan di kalangan syarikat pembinaan dan memberikan pandangan tentang amalan terbaik, memupuk budaya inovasi dan kerjasama (Sivakumaran, 2021).

2.5.6 Peningkatan pelaburan dalam penyelidikan dan pembangunan (R&D) untuk teknologi *IoT* adalah kritikal untuk mempercepatkan penggunaannya

Melabur dalam R&D untuk teknologi *IoT* adalah penting untuk membangunkan penyelesaian inovatif yang disesuaikan dengan cabaran industri pembinaan. Pelaburan yang disasarkan boleh membawa kepada peningkatan yang ketara dalam kecekapan, keselamatan dan pengurusan projek, yang akhirnya mengubah amalan pembinaan (Ghosh *et al.*, 2020).

2.5.7 Memastikan ketersediaan sokongan teknikal yang mencukupi dapat menyelesaikan masalah penggunaan teknologi *IoT*

Sokongan teknikal yang boleh dipercayai adalah penting untuk menangani cabaran semasa pelaksanaan *IoT*. Sokongan yang berkesan meminimumkan masa henti, meningkatkan keyakinan pengguna dan memastikan kelancaran sistem *IoT*, menyumbang kepada penyepaduan yang berjaya dalam pembinaan (Sivakumaran *et al.*, 2021).

2.5.8 Penggunaan teknologi *IoT* yang mudah dan mesra pengguna akan meningkatkan penerimaan di kalangan pekerja di tapak pembinaan

Mengutamakan antara muka mesra pengguna dalam teknologi *IoT* adalah penting untuk meningkatkan penggunaan di kalangan pekerja pembinaan. Reka bentuk intuitif mengurangkan keperluan untuk latihan yang meluas dan menggalakkan penggunaan yang meluas, membawa kepada hasil yang lebih cekap merentas pelbagai aplikasi (Katiyar & Kumar, 2021).

3. Kaedah Penyelidikan

3.1 Reka bentuk Kajian

Reka bentuk penyelidikan ialah rangka kerja strategik untuk menangani persoalan kajian melalui data empirikal (McCombes, 2021). Ia merangkumi pelan komprehensif yang memperincikan objektif, metodologi, pengumpulan data, dan prosedur analisis, memastikan pendekatan sistematik untuk menjawab soalan penyelidikan (Bouchrika, 2024). Kajian ini menggunakan kaedah kuantitatif kuantitatif iaitu soal selidik untuk mengumpulkan data daripada responden, yang membolehkan pengekaman pola, pengiraan purata, ramalan arah aliran, penubuhan hubungan sebab akibat, dan generalisasi penemuan kepada populasi yang lebih luas (Bhandari, 2020).

3.2 Kaedah Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang tepat adalah penting untuk memastikan kajian berasas dan disokong oleh bukti yang kukuh. Kajian ini menggunakan dua jenis sumber data: sumber primer dan sumber sekunder. Sumber primer merujuk kepada maklumat mentah dan bukti asli yang diperolehi melalui borang soal selidik yang dihantar kepada kontraktor G7. Data ini memberi wawasan mengenai pemahaman kontraktor tentang teknologi *IoT* di tapak pembinaan, serta kebaikan dan langkah-langkah untuk meningkatkan penggunaannya. Sumber sekunder pula merangkumi bahan seperti buku, artikel jurnal, dan biografi, yang menawarkan tafsiran atau analisis terhadap data primer, memberi konteks tambahan untuk mengukuhkan kajian.

3.2.1 Soal Selidik

Reka bentuk soal selidik adalah proses yang penting dalam pengumpulan data yang tepat dan relevan dengan objektif kajian. Dalam kajian ini, soal selidik terdiri daripada empat bahagian utama: Bahagian A untuk soalan demografi yang mengumpulkan maklumat latar belakang responden, Bahagian B untuk mengkaji kefahaman kontraktor G7 mengenai kepentingan teknologi *IoT* di tapak pembinaan, Bahagian C untuk menilai kebaikan penggunaan teknologi *IoT*, dan Bahagian D untuk mendapatkan pandangan mengenai langkah-langkah meningkatkan penggunaannya. Soal selidik ini disampaikan melalui 'Google Form' dan data yang dikumpulkan direkodkan dalam 'Google Form' selepas responden melengkapkannya. Soal selidik yang direka dengan baik ini membantu dalam mengumpulkan data berkualiti tinggi yang akan menyokong analisis dan keputusan yang bermaklumat.

3.3 Populasi & Sampel Size

Populasi kajian ini terdiri daripada kontraktor G7 yang berdaftar dengan CIDB di Johor Bahru, Johor, yang jumlahnya adalah 580 orang. Johor Bahru dipilih kerana ia mempunyai nilai kerja pembinaan tertinggi selepas Kuala Lumpur dan jumlah kontraktor G7 berdaftar yang paling banyak di negeri itu. Dalam kajian ini, persampelan dilakukan dengan memilih 234 responden berdasarkan jadual penentuan saiz sampel (Krejcie dan Morgan, 1970), dan 143 responden atau 60.6% memberikan maklum balas. Soal selidik diedarkan menggunakan

pendekatan pensampelan kebarangkalian, di mana setiap kontraktor mempunyai peluang yang sama untuk dipilih secara rawak, dengan soal selidik dihantar melalui e-mel kepada kontraktor G7 di Johor Bahru.

3.4 Kaedah Analisis Data

Analisis data adalah proses sistematik untuk menguraikan, menginterpretasikan, dan mengolah data agar dapat diambil kesimpulan yang berharga (Universitas Medan Area, 2023). Analisis data merujuk kepada pemeriksaan berkaedah dan tafsiran data yang diperoleh daripada tinjauan soal selidik, yang memberikan gambaran keseluruhan tentang keadaan data yang dikaji. Dalam kajian ini, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) digunakan sebagai alat perisian untuk menganalisis data. SPSS berfungsi untuk menganalisis kefahaman kontraktor G7 berkaitan kepentingan teknologi *IoT* di tapak

4. Dapatan Kajian dan Perbincangan

Bahagian ini membentangkan hasil proses pengumpulan data, yang termasuk menghantar tinjauan Google Form kepada responden melalui e-mel. Kontraktor G7 di Johor Bahru adalah responden yang terlibat. Sebanyak 234 soal selidik telah dihantar kepada kontraktor G7 melalui email, hanya sebanyak 143 borang soal selidik telah dijawab oleh kontraktor G7 yang terlibat dalam pelbagai projek pembinaan di negeri Johor. Maklum balas yang diterima mewakili 60.6% daripada jumlah soal selidik yang diedarkan.

Untuk menentukan sama ada objektif kajian boleh dilaksanakan, data ini mesti dianalisis. Semua data dan angka dikira dan dibentangkan dalam jadual atau graf menggunakan perisian Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Data kemudiannya dipaparkan sebagai purata dan peratusan. Ini menjadikannya lebih mudah dan lebih jelas untuk memahami hasil analisis.

4.1 Latar Belakang Responden

Jadual 1 Latar belakang responden borang soal selidik

No	Maklumat Responden	Frekuensi	Peratus%
1	Jantina		
	Lelaki	109	76.2
	Perempuan	34	23.8
2	Kelayakan akademik		
	Diploma	0	0
	Ijazah Sarjana Muda	71	49.7
	Ijazah Sarjana	72	50.3
	PhD	0	0
3	Jawatan semasa		
	Penyelia Tapak	43	30.1
	Pengurus Tapak	45	31.5
	Pengurus Projek	54	37.8
	Lain-lain	1	0.7
4	Pengalaman bekerja		
	Kurang dari 1 tahun	0	0
	1 - 5 tahun	63	44.1
	6 - 10 tahun	54	37.8
	11 tahun ke atas	26	18.2
5	Adakah anda mempunyai pengalaman penggunaan teknologi <i>IoT</i> dalam projek pembinaan?		
	Ya	137	95.8
	Tidak	6	4.2

Jadual 1 menunjukkan profil responden berdasarkan pelbagai kategori. Dari segi jantina, majoriti adalah lelaki (76.2%), manakala dari aspek kelayakan akademik, responden terbahagi hampir sama rata antara pemegang Ijazah Sarjana Muda (49.7%) dan Ijazah Sarjana (50.3%). Bagi jawatan semasa, kebanyakan responden adalah Pengurus Projek (37.8%), diikuti oleh Pengurus Tapak (31.5%) dan Penyelia Tapak (30.1%). Dari segi pengalaman bekerja, majoriti memiliki pengalaman 1-5 tahun (44.1%), diikuti oleh 6-10 tahun (37.8%) dan lebih daripada 11 tahun (18.2%). Selain itu, sebahagian besar responden (95.8%) mempunyai pengalaman

menggunakan teknologi *IoT* dalam projek pembinaan, menunjukkan kebiasaan yang kukuh dengan teknologi dalam kalangan responden. Profil ini menggariskan potensi untuk memanfaatkan kepakaran mereka untuk meningkatkan lagi penggunaan dan pelaksanaan *IoT* dalam sektor pembinaan.

4.2 Kefahaman kontraktor G7 berkaitan kepentingan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

Dalam bahagian B, soalan yang dipersoalkan adalah mengenalpasti kefahaman kontraktor G7 berkaitan kepentingan teknologi *IoT* di tapak pembinaan. Jenis soalan yang digunakan oleh pengkaji ialah soalan berbentuk Skala Likert yang terdiri daripada sangat tidak setuju, tidak setuju, neutral, setuju dan sangat setuju. Ia merupakan pendekatan yang paling banyak digunakan untuk menskalakan respon dalam kajian.

Jadual 2 Kefahaman kontraktor G7 berkaitan kepentingan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

No	Kefahaman kontraktor G7 berkaitan kepentingan teknologi <i>IoT</i> di tapak pembinaan	Min	Sisihan Piawai	Kedudukan
1	Responden memahami konsep asas teknologi <i>IoT</i> dalam konteks pembinaan.	4.43	0.55	6
2	Responden percaya teknologi <i>IoT</i> boleh meningkatkan keselamatan di tapak pembinaan.	4.5	0.555	1
3	Responden yakin teknologi <i>IoT</i> dapat membantu mengurangkan kos operasi di tapak pembinaan.	4.43	0.599	5
4	Responden mempunyai pengetahuan yang mencukupi tentang cara penggunaan peranti <i>IoT</i> di tapak pembinaan	4.48	0.580	2
5	Responden berasa selesa menggunakan teknologi <i>IoT</i> dalam projek pembinaan responden	4.47	0.541	3
6	Responden percaya teknologi <i>IoT</i> boleh meningkatkan kecekapan kerja di tapak pembinaan.	4.41	0.573	7
7	Responden memerlukan lebih banyak latihan mengenai penggunaan teknologi <i>IoT</i> di tapak pembinaan	4.38	0.556	8
8	Responden bersedia untuk melabur dalam teknologi <i>IoT</i> untuk projek pembinaan masa depan.	4.5	0.555	1
9	Responden percaya penggunaan teknologi <i>IoT</i> adalah penting untuk daya saing dalam industri pembinaan.	4.45	0.553	4

Jadual 2 menunjukkan ringkasan dapatan kajian mengenai kefahaman kontraktor G7 tentang teknologi *IoT* di tapak pembinaan. Kefahaman kontraktor G7 yang paling tinggi adalah responden percaya teknologi *IoT* boleh meningkatkan keselamatan di tapak pembinaan dan responden bersedia untuk melabur dalam teknologi *IoT* untuk projek pembinaan masa depan dengan taburan min sebanyak 4.5.

Kefahaman kedua tertinggi merujuk kepada responden yang merasakan mereka mempunyai pengetahuan yang mencukupi tentang cara penggunaan peranti *IoT* di tapak pembinaan dengan purata min sebanyak 4.48. Seterusnya, responden berasa selesa menggunakan teknologi *IoT* dalam projek pembinaan muncul sebagai kefahaman ketiga tertinggi, dengan purata min sebanyak 4.47. Kefahaman responden percaya penggunaan teknologi *IoT* adalah penting untuk daya saing dalam industri pembinaan dengan purata min sebanyak 4.45 iaitu keempat tertinggi dalam kefahaman kontraktor G7 tentang teknologi *IoT* di tapak pembinaan. Nilai min tertinggi pada kedudukan kelima adalah responden yakin teknologi *IoT* dapat membantu mengurangkan kos operasi di tapak pembinaan dengan purata min sebanyak 4.43. Responden memahami konsep asas teknologi *IoT* dalam konteks pembinaan mempunyai purata min sebanyak dan kedudukan yang kefahaman keenam tertinggi. Responden percaya teknologi *IoT* boleh meningkatkan kecekapan kerja di tapak pembinaan merupakan ketujuh tertinggi dengan purata min sebanyak 4.41. Ini diikuti oleh responden memerlukan lebih banyak latihan mengenai penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan dengan taburan min sebanyak 4.38.

4.3 Kebaikan Penggunaan Teknologi *IoT* di Tapak Pembinaan

Dalam bahagian C, soalan yang dipersoalkan adalah mengenalpasti kebaikan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan. Jenis soalan yang digunakan oleh pengkaji ialah soalan berbentuk Skala Likert yang terdiri daripada sangat tidak setuju, tidak setuju, neutral, setuju dan sangat setuju. Ia merupakan pendekatan yang paling banyak digunakan untuk menskalakan respon dalam kajian.

Jadual 3 *Kebaikan penggunaan teknologi IoT di tapak pembinaan*

No	Kebaikan penggunaan teknologi <i>IoT</i> di tapak pembinaan	Min	Sisihan Piawai	Kedudukan
1	Penggunaan teknologi <i>IoT</i> dapat meningkatkan keselamatan pekerja di tapak pembinaan.	4.38	0.567	10
2	Teknologi <i>IoT</i> membantu mengurangkan pembaziran bahan.	4.42	0.549	8
3	Teknologi <i>IoT</i> membantu meningkatkan kecekapan sumber.	4.47	0.567	5
4	Dengan teknologi <i>IoT</i> , pemantauan masa nyata di tapak pembinaan menjadi lebih mudah.	4.52	0.555	1
5	Penggunaan teknologi <i>IoT</i> dapat mengurangkan risiko kerosakan peralatan melalui penyelenggaraan yang lebih baik.	4.41	0.584	9
6	<i>IoT</i> memungkinkan penjejakan kemajuan projek yang lebih tepat dan efisien.	4.47	0.541	6
7	Menggunakan teknologi <i>IoT</i> dapat meningkatkan kerjasama antara pasukan di tapak pembinaan.	4.49	0.568	2
8	Teknologi <i>IoT</i> memudahkan pemantauan keadaan persekitaran seperti cuaca, debu, dan getaran di tapak pembinaan.	4.47	0.591	4
9	<i>IoT</i> memberikan data yang lebih baik untuk membuat keputusan yang lebih bijak di tapak pembinaan.	4.42	0.598	7
10	Teknologi <i>IoT</i> membantu meningkatkan produktiviti keseluruhan projek pembinaan.	4.48	0.542	3

Jadual 3 menunjukkan ringkasan dapatan kajian mengenai kebaikan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan. Kebaikan yang paling tinggi adalah dengan teknologi *IoT*, pemantauan masa nyata di tapak pembinaan menjadi lebih mudah, dengan purata min sebanyak 4.52. Seterusnya, menggunakan teknologi *IoT* dapat meningkatkan kerjasama antara pasukan di tapak pembinaan sebagai kebaikan kedua tertinggi, dengan purata min sebanyak 4.49.

Kebaikan ketiga tertinggi merujuk kepada teknologi *IoT* membantu meningkatkan produktiviti keseluruhan projek pembinaan dengan purata min sebanyak 4.48. Kedudukan keempat adalah purata min sebanyak 4.47 dan sisihan piawai 0.598, yang menunjukkan bahawa teknologi *IoT* memudahkan pemantauan keadaan persekitaran seperti cuaca, debu, dan getaran di tapak pembinaan. Seterusnya, purata min sebanyak 4.47 dan sisihan piawai 0.567 adalah kedudukan kebaikan yang kelima, iaitu teknologi *IoT* membantu meningkatkan kecekapan sumber. Kebaikan keenam adalah *IoT* memungkinkan penjejakan kemajuan projek yang lebih tepat dan efisien, iaitu purata min 4.47 dan sisihan piawai 0.541.

Kebaikan yang ketujuh adalah purata min sebanyak 4.42 dan sisihan piawai sebanyak 0.598, iaitu *IoT* memberikan data yang lebih baik untuk membuat keputusan yang lebih bijak di tapak pembinaan. Di samping itu, teknologi *IoT* membantu mengurangkan pembaziran bahan adalah kebaikan kelapan tertinggi iaitu purata min sebanyak 4.42 dan sisihan piawai sebanyak 0.549.

Kebaikan kesembilan tertinggi pula marujuk kepada penggunaan teknologi *IoT* dapat mengurangkan risiko kerosakan peralatan melalui penyelenggaraan yang lebih baik, dengan purata min sebanyak 4.41. Diikuti dengan kebaikan kesepuluh tertinggi, yang menunjukkan bahawa penggunaan teknologi *IoT* dapat meningkatkan keselamatan pekerja di tapak pembinaan, dengan purata min sebanyak 4.38.

4.4 Langkah-langkah meningkatkan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

Dalam bahagian D, soalan yang dipersoalkan adalah mencadangkan langkah-langkah meningkatkan kontraktor menggunakan teknologi *IoT* di tapak pembinaan. Jenis soalan yang digunakan oleh pengkaji ialah soalan berbentuk Skala Likert yang terdiri daripada sangat tidak setuju, tidak setuju, neutral, setuju dan sangat setuju. Ia merupakan pendekatan yang paling banyak digunakan untuk menskalakan respon dalam kajian.

Jadual 4 Langkah-langkah meningkatkan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

No	Langkah-langkah meningkatkan penggunaan teknologi <i>IoT</i> di tapak pembinaan.	Min	Sisihan Piawai	Kedudukan
1	Memberi latihan berterusan kepada pekerja tentang penggunaan teknologi <i>IoT</i> adalah penting untuk meningkatkan penggunaannya di tapak pembinaan.	4.36	0.588	9
2	Menyediakan infrastruktur digital yang lebih baik adalah perlu untuk menyokong teknologi <i>IoT</i> di tapak pembinaan.	4.39	0.954	7
3	Mengadakan seminar dan bengkel berkaitan <i>IoT</i> secara berkala dapat meningkatkan kesedaran dan pemahaman penggunaannya.	4.44	0.577	3
4	Kerjasama dengan pakar teknologi <i>IoT</i> boleh membantu dalam integrasi teknologi yang lebih lancar di tapak pembinaan.	4.40	0.641	6
5	Memperkenalkan polisi yang mewajibkan penggunaan teknologi <i>IoT</i> dalam projek pembinaan dapat meningkatkan penggunaannya.	4.41	0.597	5
6	Menjalankan kajian kes mengenai kejayaan penggunaan teknologi <i>IoT</i> di tapak pembinaan boleh meningkatkan keyakinan pengguna.	4.36	0.633	8
7	Peningkatan pelaburan dalam penyelidikan dan pembangunan (R&D) untuk teknologi <i>IoT</i> adalah kritikal untuk mempercepatkan penggunaannya.	4.43	0.588	4
8	Memastikan ketersediaan sokongan teknikal yang mencukupi dapat menyelesaikan masalah penggunaan teknologi <i>IoT</i> .	4.44	0.612	2
9	Penggunaan teknologi <i>IoT</i> yang mudah dan mesra pengguna akan meningkatkan penerimaan di kalangan pekerja di tapak pembinaan.	4.46	0.602	1

Jadual 4 menunjukkan ringkasan dapatan kajian mengenai langkah-langkah meningkatkan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan. Langkah peningkatan yang mencapai min yang tinggi iaitu penggunaan teknologi *IoT* yang mudah dan mesra pengguna akan meningkatkan penerimaan di kalangan pekerja di tapak pembinaan dengan purata min 4.46. Kedudukan kedua tertinggi ialah purata min sebanyak 4.44 dan sisihan piawai sebanyak 0.612, yang menunjukkan bahawa memastikan ketersediaan sokongan teknikal yang mencukupi dapat menyelesaikan masalah penggunaan teknologi *IoT*. Seminar dan bengkel biasa yang berkaitan dengan *IoT* boleh meningkatkan kesedaran dan pemahaman tentang penggunaannya sebagai langkah ketiga tertinggi iaitu purata min sebanyak 4.44 dan sisihan piawai sebanyak 0.577.

Seterusnya, langkah-langkah keempat adalah peningkatan pelaburan dalam penyelidikan dan pembangunan (R&D) untuk teknologi *IoT* adalah kritikal untuk mempercepatkan penggunaannya, dengan purata min sebanyak 4.43. Langkah-langkah kelima tertinggi menunjukkan kepada memperkenalkan polisi yang mewajibkan penggunaan teknologi *IoT* dalam projek pembinaan dapat meningkatkan penggunaannya dengan purata min sebanyak 4.41. Nilai min yang keenam tertinggi adalah 4.40, iaitu kerjasama dengan pakar teknologi *IoT* boleh membantu dalam integrasi teknologi yang lebih lancar di tapak pembinaan.

Langkah ketujuh tertinggi adalah menyediakan infrastruktur digital yang lebih baik adalah perlu untuk menyokong teknologi *IoT* di tapak pembinaan, dengan purata min sebanyak 4.39. Di samping itu, kajian kes kejayaan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan boleh meningkatkan keyakinan pengguna adalah langkah kelapan tertinggi adalah purata min sebanyak 4.36 dan sisihan piawai sebanyak 0.633. Langkah kesembilan mempunyai purata min sebanyak 4.36 dan sisihan piawai sebanyak 0.588. Ini merujuk kepada memberi latihan berterusan kepada pekerja tentang penggunaan teknologi *IoT* adalah penting untuk meningkatkan penggunaannya di tapak pembinaan.

4.6 Perbincangan

4.6.1 Objektif 1 : Kefahaman kontraktor G7 berkaitan kepentingan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

Hasil dapatan kajian mendapati nilai min yang tertinggi adalah sebanyak 4.5, iaitu responden percaya teknologi *IoT* boleh meningkatkan bersedia untuk melabur dalam teknologi *IoT* untuk projek pembinaan mada depan. Keselamatan di tapak pembinaan dan Menurut Katiyar & Kumar (2021), peranti yang didayakan *IoT* boleh menjejaki lokasi pekerja dan metrik kesihatan, membolehkan tindak balas segera terhadap potensi bahaya dan kecemasan.

Di samping itu, industri pembinaan mengiktiraf nilai pelaburan dalam teknologi *IoT* untuk memacu kecekapan, produktiviti dan keselamatan. Menurut Kotai Electronics Pvt. Ltd. oleh Kumar (2021), penyelesaian *IoT* menawarkan cerapan data masa nyata, penyelenggaraan ramalan dan pengurusan sumber yang dipertingkatkan, yang boleh membawa kepada penjimatan kos yang ketara dan hasil projek yang lebih baik. Syarikat semakin bersedia untuk melabur dalam teknologi *IoT* untuk kekal berdaya saing dan memenuhi permintaan yang semakin meningkat bagi projek pembinaan moden. Selain itu, nilai min minimum iaitu responden berasa memerlukan lebih banyak latihan mengenai penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan.

4.6.2 Objektif 2 : Kebaikan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

Ia mungkin disimpulkan melalui analisis kandungan yang kebanyakan orang bersetuju dengan kebaikan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan iaitu dengan teknologi *IoT*, pemantauan masa nyata di tapak pembinaan menjadi lebih mudah. Penerimaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan telah mendapat persetujuan meluas mengenai pelbagai faedahnya, terutamanya dalam memudahkan pemantauan masa nyata. *IoT* membolehkan penjejakan berterusan kesihatan peralatan, keselamatan pekerja dan keadaan persekitaran melalui penderia dan peranti boleh pakai. Pengumpulan data masa nyata meningkatkan pembuatan keputusan, mengoptimumkan peruntukan sumber dan meningkatkan kecekapan projek (Trackunit, 2024). Secara keseluruhan, teknologi *IoT* meningkatkan kecekapan operasi, keselamatan dan kemampunan dalam industri pembinaan dengan ketara (HSE Network, 2024).

Selain itu, teknologi *IoT* dapat meningkatkan kerjasama antara pasukan di tapak pembinaan juga adalah kebaikan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan. Penyepaduan teknologi *IoT* di tapak pembinaan dengan ketara meningkatkan kerjasama antara pasukan. Dengan menyambungkan peranti, penderia dan sistem, *IoT* memudahkan komunikasi yang lancar dan perkongsian data masa nyata dalam kalangan jurutera, arkitek, buruh dan pengurus projek. Persekitaran yang saling berkait ini memastikan semua pihak berkepentingan mempunyai akses kepada maklumat terkini, meningkatkan kecekapan membuat keputusan dan operasi. Kesalinghubungan ini bukan sahaja meningkatkan proses membuat keputusan tetapi juga memupuk persekitaran kerja yang lebih padu dan cekap (Kotai Electronics Pvt. Ltd., 2024).

4.6.3 Objektif 3 : Langkah-langkah meningkatkan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan

Melalui dapatan kajian, penggunaan teknologi *IoT* yang mudah dan mesra pengguna akan meningkatkan penerimaan di kalangan pekerja di tapak pembinaan adalah min yang tertinggi terhadap langkah-langkah meningkatkan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan. *IoT* boleh meningkatkan dengan ketara langkah-langkah kesihatan dan keselamatan, membawa kepada pendekatan yang lebih proaktif dalam kalangan pekerja, sekali gus memupuk persekitaran kerja yang positif. Menurut Minew (2024), peranti boleh pakai, seperti topi keledar pintar dan jaket, memantau tanda-tanda vital dan menyedarkan pekerja tentang keadaan berbahaya, yang bukan sahaja meningkatkan keselamatan tetapi juga meningkatkan kepercayaan terhadap teknologi. Tambahan pula, aplikasi *IoT* memperkemas pengurusan projek dengan menyediakan data masa nyata tentang keadaan tapak, yang membantu dalam membuat keputusan termaklum dan mengoptimumkan aliran kerja. Memandangkan industri pembinaan terus menerima teknologi ini, sifat penyelesaian *IoT* yang mesra pengguna berkemungkinan membawa kepada penerimaan yang lebih besar dalam kalangan pekerja, akhirnya mengubah amalan pembinaan menjadi lebih baik.

Selain itu, seminar dan bengkel berkaitan *IoT* secara berkala dapat meningkatkan kesedaran dan pemahaman penggunaannya dan memastikan ketersediaan sokongan teknikal yang mencukupi dapat menyelesaikan masalah penggunaan teknologi *IoT* adalah langkah-langkah meningkatkan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan.

5 Kesimpulan

Kajian ini telah mengemukakan hasil penemuan serta analisis terhadap kajian yang telah dilaksanakan. Analisis yang dijalankan telah berjaya mencapai objektif kajian, iaitu untuk mengenalpasti kontraktor G7 tentang teknologi *IoT* di tapak pembinaan, mengenalpasti kebaikan penggunaan teknologi *IoT* di tapak pembinaan dan

mencadangkan langkah-langkah meningkatkan kontraktor menggunakan teknologi *IoT* di tapak pembinaan. Bab yang berikutnya akan membincangkan.

Penghargaan

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan yang diberikan.

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:** Tan Li Fei, Norliana binti Sarpin; **pengumpulan data:** Tan Li Fei; **analisis dan interpretasi hasil:** Tan Li Fei; **penyediaan draf manuskrip:** Tan Li Fei, Norliana binti Sarpin, Roshartini Omar & Haryati Shafii. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

Rujukan

- Abdullah, A., Hamad, R., Abdulrahman, M., & Moala, H. (2019, May). CyberSecurity: A Review of *Internet of Things (IoT)* Security Issues, Challenges and Techniques. Didapatkan dari ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/334703969_CyberSecurity_A_Review_of_Internet_of_Things_IoT_Security_Issues_Challenges_and_Techniques
- Adeyemo, J. O. (2024, November 5). Innovative technologies for enhancing occupational safety in construction sites. Didapatkan dari *International Journal of Science and Research Archive*: <https://ijsra.net/sites/default/files/IJSRA-2024-2495.pdf>
- Adlink. (t.t). Machine Failure Prediction. Didapatkan dari ADLINK: https://www.adlinktech.com/en/Machine_Failure_Prediction#:~:text=The%20advent%20of%20cloud%20Dbased,with%20real%2Dtime%20data%20transmission%2C
- Ande, R. A. (2019, July). Internet of Things: Evolution and Technologies from a Security Perspective. Didapatkan dari ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/334724035_Internet_of_Things_Evolution_and_Technologies_from_a_Security_Perspective
- Bhandari, P. (2020, July 9). Descriptive Statistics | Definitions, Types, Examples. Didapatkan dari Scribbr: <https://www.scribbr.com/statistics/descriptive-statistics/>
- Bouchrika, I. (2024, May 16). Types of Research Design in 2024: Perspective and Methodological Approaches. Didapatkan dari Research.com: <https://research.com/research/types-of-research-design>
- CIDB. (2023, October 13). Part 1: Drones in Construction: What Does It Mean for the Industry? Didapatkan dari CIDB MALAYSIA: <https://www.cidb.gov.my/eng/part-1-drones-in-construction-what-does-it-mean-for-the-industry-2/>
- Choudhary, Y., Umamaheswari, B., & Kumawat, V. (2021). A Study of Threats, Vulnerabilities, and Countermeasures: An *IoT* Perspective. Retrieved from SHANLAX JOURNAL: <https://www.shanlaxjournals.in/journals/index.php/sijash/article/view/3583>
- D.H.F. Paz, K.P.V. Lafayette, M.C.M. Sobral. (2020). Management of construction and demolition waste using GIS tools. Didapatkan dari ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128190555000085>
- DOSM. (2024). INFOGRAFIK QCS 2024Q1_B. Didapatkan dari DEPARTMENT OF STATISTICS MALAYSIA: https://www.dosm.gov.my/uploads/release-content/file_20240513105747.pdf
- DOSM. (2024, Mei 17). Keluaran Dalam Negeri Kasar (KDNK). Didapatkan dari OpenDOSM: <https://open.dosm.gov.my/ms-MY/dashboard/gdp>
- Desogus, G., Quaquero, E., Rubiu, G., Gato, G., & Perra, C. (2021). BIM and *IoT* Sensors Integration: A Framework for Consumption and Indoor Conditions Data Monitoring of Existing Buildings. Retrieved from MDPI: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/8/4496>
- Gamil, Y., Abdullah, M. A., Rahman, A. I., & Asad, M. M. (2020, August 26). Internet of things in construction industry revolution 4.0: Recent trends and challenges in the Malaysian context. Didapatkan dari ResearchGate.: https://www.researchgate.net/publication/339008559_Internet_of_things_in_construction_industry_revolution_40_Recent_trends_and_challenges_in_the_Malaysian_context

- Grill, A. S. (2023, August). *Internet of Things (IoT)*. Didapatkan dari *IoT Agenda*:
<https://www.techtarget.com/IoTagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>
- Ghosh, A., Edwards, D. J., & Hosseini, M. (2020, August). Patterns and trends in *Internet of Things (IoT)* research: future applications in the construction industry. Didapatkan dari ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/343819546_Patterns_and_trends_in_Internet_of_Things_IoT_research_future_applications_in_the_construction_industry
- Himer, S. E., Ouaisa, M., Krichen, M., Alswailim, M., & Almuq, M. (2023, April 10). Energy Consumption Monitoring System Based on IoT for Residential Roofs. Didapatkan dari MDPI:
<https://www.mdpi.com/2079-3197/11/4/78?utm>
- Ibrahim, A. K., Rashid, R. A., Hamid, A. H., Sarijari, M. A., & Baharudin, M. A. (2021). Lightweight *IoT* middleware for rapid application development. Didapatkan dari telkomnika:
<http://telkomnika.uad.ac.id/index.php/TELKOMNIKA/article/view/11793#:~:text=A%20middleware%20is%20presented%20in,organizations%20for%20securing%20IoT%20resources.>
- Ibrahim, F. S., Esa, M., & Rahman, R. A. (2021, May 19). The Adoption of *IOT* in the Malaysian Construction Industry:. Didapatkan dari
<https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/download/6299/4233/35048>
- Katie, B. (2024, July). *Internet of Things (IoT)* for Environmental Monitoring. Didapatkan dari ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/382751058_Internet_of_Things_IoT_for_Environmental_Monitoring
- Katiyar, A., & Kumar, P. (2021, August). A Review of *Internet of Things (IoT)* in the Construction Industry: Building a Better Future. Didapatkan dari ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/367619119_A_Review_of_Internet_of_Things_IoT_in_Construction_Industry_Building_a_Better_Future
- Khouluddin, W. I., Roshartini, O., Masrom, M. A., & Seow, T. W. (2023, December 1). Perkembangan Penggunaan *Intenet of Things (IoT)* dalam Industri Pembinaan di Malaysia: Persepsi Pihak Kontraktor. Didapatkan dari Research in Management of Technology and Business:
<https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rmtb/article/view/13803>
- Kineber, A. F. (2024, July 1). Identifying the *Internet of Things (IoT)* implementation benefits for sustainable construction projects. Didapatkan dari Taylor & Francis Online:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/16874048.2024.2369462#:~:text=Generally>
- Kumar, P. (t.t). *IoT* in Construction. Benefits, Applications, Challenges, and Limitations. Didapatkan dari Kotai Electronics Pvt. Ltd.: <https://kotaielectronics.com/IoT-in-construction/>
- Lorusso, A., & Celenta, G. (2023, May). Internet of Things in the Construction Industry: A General Overview. Didapatkan dari ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/370909146_Internet_of_Things_in_the_Construction_Industry_A_General_Overview
- Lorusso, A., & Celenta, G. (2023, May). Internet of Things in the Construction Industry: A General Overview. Didapatkan dari ResearchGate:
https://www.researchgate.net/publication/370909146_Internet_of_Things_in_the_Construction_Industry_A_General_Overview
- Malhotra, P., Singh, Y., Ananda, P., Bangotra, D. K., Singh, P. K., & Hong, W. C. (2021, March 5). Internet of Things: Evolution, Concerns, and Security Challenges. Didapatkan dari MDPI: https://www.mdpi.com/1424-8220/21/5/1809?utm_source=chatgpt.com
- Maqbool, R., Saiba, M. R., & Ashfaq, S. (2022, December 24). Emerging Industry 4.0 and *Intenet of Things (IoT)* technologies in the Ghanaian construction industry: sustainability, implementation challenges, and benefits. Didapatkan dari SPRINGER LINK:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-24764-1>
- McCombes, S. (2021, June 7). What Is a Research Design | Types, Guide & Examples. Didapatkan dari Scribbr:
<https://www.scribbr.com/methodology/research-design/>
- Minew. (2024, October 9). *IoT* In Construction: Top Uses in 2024: Applications, Benefits, and Examples. Didapatkan dari MINEW: <https://www.minew.com/IoT-construction-applications-benefits-examples/>
- Mohammed, B. H., Sallehuddin, H., Safir, N., Husairi, A., Bakar, N. A., Yahya, F., . . . Mohamed, S. A. (2022, Jun 1). Building Information Modeling and Internet of Things Integration in the Construction Industry: A Scoping Study. Didapatkan dari Hindawi: <https://www.hindawi.com/journals/ace/2022/7886497/>
- Mohammed, B. H., Sallehudin, H., Mohamed, S. A., Mohd Satar, N. S., & Hussain, A. H. (2022, July 13). Internet of Things-Building Information Modeling Integration: Attacks, Challenges, and Countermeasures. Didapatkan dari IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9828028>
- Maqbool, R., Saiba, M. R., & Ashfaq, S. (2022, December 24). Emerging Industry 4.0 and *Internet of Things (IoT)* technologies in the Ghanaian construction industry: sustainability, implementation challenges, and benefits. Didapatkan dari SPRINGER LINK: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-24764-1>

- Nagar, T. (2023, February 9). What Are the Benefits of *IoT* In The Construction Industry? Didapatkan dari DEVTECHNOSOSYS: <https://devtechnosys.com/insights/benefits-of-iot-in-the-construction-industry/>
- Nanang Reda. (2023, JUNE 3). Penerapan *IoT* dalam Industri Konstruksi: Meningkatkan Efisiensi dan Keamanan. Retrieved from Rumah Struktur: <https://rumahstruktur.co.id/penerapan-iot-dalam-industri-konstruksi/>
- Network, H. (2024, April 17). Smart Construction Sites: Navigating the World of *IoT* and Sensors. Didapatkan dari HSE Network: <https://www.hse-network.com/smart-construction-sites-navigating-the-world-of-iot-and-sensors/>
- Oke, A. E., Arowoia, V. A., & Akomolafe, O. T. (2020, Septemeber 3). Influence of the Internet of Things' application on construction project performance. Retrieved from Taylor & Francis online: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15623599.2020.1807731>
- Oliveira, G. H., Barista, A. d., Nogueira, M., & Santos, A. I. (2021). An access control for *IoT* based on network community perception and social trust against Sybil attacks. Retrieved from online library: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/nem.2181>
- Panoff, M., Dutta, R. G., Hu, Y., Yang, K., & Jin, Y. (2021, January 21). On Sensor Security in the Era of *IoT* and CPS. Retrieved from SpringerLink: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42979-020-00423-5>
- Qadri, Y. A., Nauman, A., Zikria, Y. B., Senior Member, IEEE, Vasilakos, A., & Sung, W. K. (2020). The Future of Healthcare Internet of Things: Retrieved from IEEE
- Sergi, I., Malagnino, A., Rosito, R. C., Lacasa, V., Corallo, A., & Patrono, L. (2020). Integrating BIM and *IoT* Technologies in Innovative Fire Management Systems. Retrieved from IEEE Xplore: <https://ieeexplore-ieee.org.ezproxy.uthm.edu.my/document/9243838>
- Shvets, Y., & Hanák, T. (2023, March 22). Use of the Internet of Things in the Construction Industry and Facility Management: Usage Examples Overview. Didapatkan dari ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923004726>
- Sivakumaran, D., Rathnasinghe, A., & Seneviratne, L. I. (2021, July). Potential of *Internet of Things (IoT)* in the Construction Industry. Didapatkan dari ResearchGate : https://www.researchgate.net/publication/353332699_Potential_of_Internet_of_Things_IoT_in_the_Construction_Industry
- Techvify. (2024, September 12). *IoT* in Construction – Everything You Need to Know in 2025. Didapatkan dari TECHVIFY: <https://techvify-software.com/iot-in-construction/>
- Universitas Medan Area. (2023, September 20). Mengetahui Pengertian Dari Analisis Data. Retrieved from Universitas Medan Area: https://uma.ac.id/berita/mengetahui-pengertian-dari-analisis-data?utm_source
- Utusan. (2025, January 18). Theta labur RM673.8 juta bangunkan *IOT* Ekonomi Pintar di Ampang Jaya. Retrieved from Utusan Malaysia: https://www.utusan.com.my/ekonomi/2024/07/theta-labur-rm673-8-juta-bangunkan-iot-ekonomi-pintar-di-ampang-jaya/?utm_source