

Kajian Penggunaan Teknologi *Radio-Frequency Identification* (RFID) bagi Kelancaran Pengurusan Bekalan Peralatan di Tapak Bina

Study on the Use of Radio-Frequency Identification (RFID) Technology for the Smooth Management of Equipment Supply at Construction Sites

Muhammad Aiman Safwan Azizan¹, Rozlin Zainal^{2*}, Narimah Kasim³, Noralfishah Sulaiman⁴

¹ *Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, Johor, 86400, Johor, MALAYSIA*

² *Centre of Excellence Project, Property & Facilities Management Services (PROFM^s), Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA*

³ *KANZU Research, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA*

*Pengarang Utama: rozlin@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2025.06.01.038>

Maklumat Artikel

Diserah: 31 Mac 2025

Diterima: 30 April 2025

Diterbitkan: 30 Jun 2025

Kata Kunci

Cabaran, pengurusan bekalan, peralatan, RFID, tapak bina

Abstrak

Teknologi RFID menawarkan keterlihatan maklumat, kebolehsesanan, dan automasi dalam pengurusan bekalan peralatan, namun pelaksanaannya di tapak bina menghadapi pelbagai cabaran oleh kontraktor. Antaranya ialah sifat dinamik dan kerumitan projek pembinaan, pengurusan peralatan yang lemah, serta halangan integrasi teknologi. Oleh itu, objektif kajian ini adalah mengenalpasti cabaran, langkah dan menganalisis hubungan utama antara satu sama lain terhadap penggunaan teknologi RFID bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina. Kaedah kuantitatif melibatkan pengedaran 260 borang soal selidik terhadap kontraktor Gred 7 di Johor telah diedarkan melalui secara atas talian dan fizikal dengan kadar maklum balas 34.8% (87 responden). Pengiraan taburan statistik deskriptif; frekuensi, min serta korelasi digunakan untuk menganalisis data bagi mencapai semua objektif kajian dengan perisian SPSS. Dapatan kajian mendapati bahawa cabaran penggunaan teknologi RFID bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina ialah kurang kemahiran menyelenggara. Manakala bagi langkah mengatasi cabaran penggunaan teknologi RFID bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina ialah meningkatkan privasi dan keselamatan pengurusan data melalui penyediaan garis panduan mengumpul data. Bagi hubungan antara cabaran dan langkah-langkah mengatasi dengan "permintasan isyarat RFID" dan "tingkatkan kecekapan hubungan" mencatatkan signifikan yang paling kuat. Oleh

itu, kajian ini dapat memberikan panduan kepada kontraktor untuk meningkatkan kecekapan operasi dan pengurusan bekalan peralatan di tapak bina melalui langkah penggunaan teknologi RFID yang betul untuk menangani cabaran pengurusan di tapak bina yang terkini. Maka, diharap kontraktor boleh meningkatkan ketelusan dan keberkesanan pengurusan logistik peralatan, yang seterusnya menyumbang kepada pengoptimuman kos dan jadual projek di tapak bina.

Keywords

Challenge, construction site, equipment, rfid, supply management

Abstract

RFID technology offers enhanced visibility, traceability, and automation in equipment supply management; however, its implementation in construction sites poses various challenges for contractors. These challenges include the construction projects' dynamic and complex nature, poor equipment management practices, and barriers to technology integration. This study aims to identify the challenges, propose solutions, and analyse the interrelationships between these factors in facilitating the adoption of RFID technology for efficient equipment supply management on construction sites. A quantitative approach was employed, distributing 260 questionnaires to Grade 7 contractors in Johor via online and physical methods, achieving a response rate of 34.8% (87 respondents). Descriptive statistical techniques, including frequency, mean, and correlation analyses, were conducted using SPSS to address the study objectives. Findings revealed that the primary challenge in implementing RFID technology for efficient equipment supply management is the lack of maintenance skills. Meanwhile, the key solution involves enhancing data management privacy and security by establishing data collection guidelines. The relationship analysis identified "RFID signal interception" and "improving connectivity efficiency" as the most significant factors. This study provides actionable insights for contractors to enhance operational efficiency and equipment supply management by properly implementing RFID technology, addressing contemporary construction site management challenges. Consequently, this could improve transparency and effectiveness in equipment logistics management, contributing to cost optimisation and adherence to project schedules.

1. Pendahuluan

Industri pembinaan sering berhadapan dengan ketidakcekapan dan kos tinggi, mendorong firma menggunakan teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) untuk meningkatkan prestasi projek (Kineber *et al.*, 2023). Menurut Ernstzen (2024), RFID merupakan penggunaan tag dan pembaca, membantu menjejak dan mengurus peralatan, bahan, serta aset, menggantikan kaedah manual tradisional. Di Malaysia, RFID semakin diterima kerana mampu mengatasi cabaran seperti pengurusan inventori, pengesanan aset, dan pemantauan tenaga kerja pembinaan (Wan Hamid & Loh, 2008). Teknologi ini meningkatkan kecekapan, mengurangkan kesilapan manual, dan mengoptimumkan operasi, menjadikannya alat penting untuk menyelaraskan operasi pembinaan. RFID telah menjadi alat penting dalam pelbagai industri, termasuk pembinaan, dengan meningkatkan kecekapan, keselamatan, dan penyelarasan operasi (Sarac, Absi, & Dauzère-Pérès, 2010). Penggunaan teknologi RFID dalam pembinaan di Malaysia mencerminkan kemajuan besar dalam transformasi digital dengan potensi merevolusikan pengurusan inventori dan pemantauan tenaga kerja. Teknologi ini dapat mengatasi cabaran seperti pengurusan peralatan yang tidak cekap dan kekurangan keterlihatan masa nyata dalam projek (Musarat *et al.*, 2024). RFID boleh meningkatkan pengurusan sumber dan penjimatan kos, selaras dengan inisiatif kerajaan untuk meningkatkan produktiviti dan daya saing (Kasim, Latiffi, & Fathi, 2013). Keberkesanannya dalam sektor lain seperti peruncitan dan logistik turut menyokong penggunaannya dalam pembinaan untuk memantau keselamatan dan produktiviti (Valero, Adán, & Cerrada, 2015). Pihak kontraktor terutamanya boleh mengoptimumkan RFID untuk meningkatkan kecekapan pengurusan peralatan di tapak bina (Lee, 2021; Waqar *et al.*, 2023).

Penggunaan teknologi RFID dalam sektor pembinaan di Malaysia menawarkan kelebihan seperti keterlihatan maklumat masa nyata dan automasi projek, namun menghadapi pelbagai cabaran seperti kompleksiti projek, pengurusan peralatan yang tidak cekap, dan gangguan teknikal (Kasim, Latiffi & Fathi, 2013; Lee, 2021; Chen *et al.*, 2013). Masalah ini menyulitkan kontraktor untuk mencapai kelancaran bekalan peralatan di tapak bina, sementara penggunaan teknologi ini masih kurang memberi impak signifikan dalam

meningkatkan operasi pembinaan (Kineber *et al.*, 2023; Musarat *et al.* 2024; Abkar *et al.*, 2024). Langkah penyelesaian mesra guna melalui integrasi RFID dengan teknologi lain seperti GPS dan GSM dianggap tidak efektif dalam industri pembinaan kerana kekangan kos, kebolehpercayaan isyarat, dan keperluan infrastruktur tambahan yang membebankan (Van Lieshout, 2007; Majrouhi, 2012; Woods, 2024), Terdapat kajian analisis hubungan antara cabaran dan langkah atasi bagi mengoptimumkan penggunaan RFID untuk pengurusan peralatan di tapak bina (Skibniewski & Jang, 2009; Jung & Jeong, 2017; Ibrahim, Ibrahim, & Varouqa, 2020) namun hanya tertumpu kepada pengurusan projek pembinaan secara purata sahaja (Wang, Lin & Lin, 2008; Kochovski & Stankovski, 2018; Waqar *et al.*, 2023).

Antara objektif kajian bagi kajian ini adalah mengenalpasti cabaran penggunaan teknologi RFID bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina. Menenalpasti langkah atasi cabaran penggunaan teknologi RFID bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina dan menganalisis hubungan antara cabaran utama dan langkah atasi cabaran utama terhadap penggunaan teknologi RFID bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina. Hipotesis kajian ini adalah seperti berikut:

- H₁: Terdapat hubungan signifikan antara cabaran utama dan langkah atasi cabaran utama terhadap penggunaan aplikasi RFID bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina.
- H₀: Tidak terdapat hubungan signifikan antara cabaran utama dan langkah atasi cabaran utama terhadap penggunaan aplikasi RFID bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina.

Kajian ini berfokuskan penggunaan teknologi RFID untuk pengurusan bekalan peralatan di tapak pembinaan di Johor dengan tumpuan kepada kontraktor G7 yang berdaftar dengan Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan (CIDB) tahun 2024. Hampir 60.3% daripada nilai kerja pada suku keempat 2023 dengan Johor mencatatkan nilai kerja sebanyak RM4.0 bilion, menyumbang kepada peratusan yang signifikan dalam sektor pembinaan di Malaysia (Bernama, 2023). Nilai ini menunjukkan kepentingan negeri Johor sebagai teraju utama negara dalam industri pembinaan (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2024). Kontraktor G7 dipilih sebagai responden kerana berpengalaman melaksanakan projek mega, yang memberikan data praktikal mengenai pelaksanaan RFID di tapak bina (CIDB, 2020). Kajian ini bertujuan mengkaji RFID dalam meningkatkan kelancaran pengurusan peralatan di tapak pembinaan dengan tumpuan kepada cabaran penggunaan. Skop kajian hanya fokus kepada cabaran negatif penggunaan RFID dalam pengurusan peralatan di tapak bina kerana menurut Kineber (2023), elemen ini dapat mengukur masalah utama yang menghalang keberkesanan teknologi ini. Kajian Omotayo *et al.* (2024) dan Hamadneh *et al.* (2021) menegaskan kepentingan meneroka teknologi RFID dalam pengurusan projek pembinaan dan hubungan cabaran dan langkah atasi dalam konteks pengurusan logistik dalaman, yang relevan untuk kontraktor adalah sangat digalakkan.

Kajian ini penting kepada industri pembinaan khususnya teknologi yang berasaskan RFID. Hal ini kerana, teknologi RFID dijamin dapat melancarkan kerja di tapak bina tanpa gangguan. Selain itu, kajian ini dapat memberikan panduan kepada pihak kontraktor amya dan G7 khasnya bagi menambahbaik dari segi gerak kerja yang berlaku di tapak bina agar proses pembinaan berasaskan teknologi RFID lebih berkualiti seterusnya menepati dengan objektif kajian yang telah ditetapkan. Disamping itu, kajian ini juga boleh menjadi panduan untuk digunakan pada masa hadapan kepada pemegang-pemegang taruh dalam industri pembinaan. Malahan kajian ini juga penting kepada ahli akademik dan juga pengkaji. Penyelidikan ini dapat memberikan ilmu pengetahuan dan pemahaman baharu tentang pelaksanaan teknologi RFID dalam melancarkan pengurusan peralatan binaan.

2. Kajian Literatur

2.1 Konsep

2.1.1 RFID dalam Pembinaan

Industri pembinaan yang mencabar memerlukan pengurusan bahan dan proses yang teliti. RFID menawarkan penyelesaian untuk meningkatkan kecekapan, mengurangkan kos, dan meningkatkan keselamatan dengan menjejak objek secara automatik. Teknologi ini membantu mengurus peralatan, memastikan bahan tersedia tepat waktu, dan memantau pekerja untuk keselamatan dan produktiviti. RFID juga meningkatkan ketepatan inventori, kawalan kualiti, dan pengurusan projek, menjadikan pelaksanaan lebih lancar dan kos efektif (Jaselskis & El-Misalami, 2003; Majrouhi, 2012; Lee *et al.*, 2010; Dikbas, Ergen & Giritli, 2010).

2.1.2 Pengurusan Bekalan

Konsep pengurusan bekalan melibatkan pergerakan sistematik peralatan, maklumat, dan sumber dari pembekal kepada pengguna akhir melalui proses saling berkaitan untuk memastikan penghantaran tepat waktu, kuantiti betul, dan kos optimum. Dalam pembinaan, ia bermula dengan perancangan projek, diikuti perolehan, logistik,

dan aktiviti di tapak yang menyelaraskan bahan menjadi struktur siap. Kawalan kualiti memastikan pematuhan piawaian, diakhiri dengan penyerahan projek kepada pelanggan. Kecekapan proses ini penting untuk kos, kepuasan pelanggan, dan produktiviti (Christopher, 2016; Brandenburg, Gruchmann, & Oelze, 2019; Cataldo *et al.*, 2022).

2.1.3 Bekalan Peralatan Di Tapak Bina

Pembekalan peralatan yang cekap di tapak pembinaan memainkan peranan penting dalam kejayaan projek, mempengaruhi garis masa, kos, dan kualiti keseluruhan. Schaufelberger & Holm (2017) menekankan pentingnya perolehan teliti, logistik berkesan, penyelenggaraan berterusan, dan pengurusan penggunaan peralatan untuk produktiviti dan kecekapan. Kajian Nakanishi *et al.* (2022) mengaitkan keberkesanan bekalan peralatan dengan produktiviti tinggi dan kos rendah, manakala Lederle (2021) menegaskan penyelenggaraan dapat mengurangkan masa henti dan meningkatkan kebolehpercayaan. Penggunaan teknologi seperti *Building Information Modeling* (BIM) dan *Internet of Things* (IoT) juga dapat meningkatkan pengurusan peralatan dengan meramalkan keperluan penyelenggaraan dan mengoptimumkan penggunaan (Schaufelberger & Holm, 2017; Seuring & Muller, 2008; Heravi & Eslamdoost, 2015).

2.2 Cabaran Penggunaan Teknologi RFID bagi Kelancaran Pengurusan Bekalan Peralatan Di Tapak Bina

2.2.1 Kos Pelaksanaan yang Tinggi

Cabaran utama teknologi RFID dalam pembinaan ialah kos pelaksanaan yang tinggi, yang melibatkan pelaburan besar dalam tag, pembaca, perisian, dan infrastruktur (Khan, Ray, & Karmakar, 2024). Menurut Li & Visich (2006), kos ini boleh membebankan terutamanya bagi perusahaan kecil dan sederhana (PKS), membatasi penerimaan teknologi ini dalam industri. Selain itu, infrastruktur yang diperlukan untuk menyokong teknologi RFID memerlukan pemasangan pembaca dan antena di lokasi langkah, yang boleh menjadi sangat mahal terutamanya di Malaysia dengan tapak pembinaannya yang luas dan pelbagai. Faktor persekitaran seperti kelembapan tinggi, habuk, dan suhu ekstrem turut meningkatkan kos melalui keperluan perlindungan tambahan (Waqar, 2023). Di samping itu, kos latihan dan pengurusan perubahan juga tinggi, kerana kakitangan perlu dilatih secara menyeluruh untuk menggunakan sistem RFID dengan betul, yang melibatkan program latihan yang mahal dan masa penyesuaian yang panjang, seperti yang dinyatakan oleh Singh *et al.* (2014).

2.2.2 Sistem RFID yang Rumi

Sistem RFID dalam pembinaan melibatkan tag, pembaca, dan perisian untuk menjejaki aset, namun menghadapi cabaran seperti integrasi dengan teknologi pengurusan sedia ada yang kompleks dan mahal (Coltman, Gadh & Micheal, 2008). Faktor persekitaran seperti habuk, kelembapan, dan suhu ekstrem boleh menjejaskan prestasi RFID, manakala susun atur tapak yang dinamik memerlukan penempatan pembaca yang teliti (Ergen, Akinci, & Sacks, 2007). Isu kekurangan kakitangan berkemahiran teknikal, keselamatan, dan privasi data menambah cabaran dan kos sistem RFID yang rumit (Cheng *et al.* 1999; Yang & Wang, 2021).

2.2.3 Keadaan Tidak Stabil Di Persekitaran Tapak Bina

Keadaan persekitaran di tapak pembinaan menimbulkan cabaran besar bagi aplikasi RFID kerana persekitaran yang keras dengan habuk, serpihan, kelembapan, dan suhu melampau boleh menjejaskan prestasi tag dan pembaca RFID. Cuaca buruk seperti hujan lebat, panas melampau dan angin kencang boleh mengganggu aktiviti pembinaan, menyebabkan kelewatan dan risiko kesihatan pekerja (Khadka & Hwang, 2017). Bentuk muka bumi tidak rata atau curam dan keadaan tanah tidak stabil menambah kesukaran pergerakan jentera dan bahan, serta meningkatkan risiko kemalangan (Lee *et al.*, 2010). Aktiviti pembinaan menghasilkan sejumlah besar habuk juga menjejaskan kualiti udara dan prestasi mesin, memerlukan langkah kawalan habuk yang mahal dan berterusan (Nakanishi *et al.*, 2022).

2.2.4 Sistem FRID Mahal

Sistem RFID menghadapi beberapa cabaran yang mempengaruhi kos, julat, dan ketepatan dalam pembinaan. Tag RFID aktif menawarkan julat yang lebih panjang tetapi lebih mahal dan memerlukan bateri, manakala tag pasif lebih murah tetapi dengan julat terhad, menjadikan pengesanan peralatan di tapak luas mencabar (Ergen, Akinci, & Sacks, 2007). Gangguan isyarat oleh bahan binaan seperti logam, konkrit, dan kayu, serta cuaca buruk

dan gangguan elektromagnet, boleh menjejaskan ketepatan bacaan RFID (Ghanem, AbdelRazig & Mahdi, 2008). Selain itu, orientasi dan penempatan tag yang tidak tepat, serta kesilapan manusia dalam pengendalian dan latihan kakitangan yang tidak mencukupi, turut menyumbang kepada ketidaktepatan sistem (Jaselskis & El-Misalami, 2003; Cheng *et al.* 1999).

2.2.5 Privasi dan Keselamatan Data Tidak Telus

Penggunaan teknologi RFID dalam pembinaan berisiko menimbulkan kebimbangan terhadap privasi dan keselamatan data, terutamanya berkaitan dengan lokasi dan pergerakan peralatan serta kakitangan, yang boleh disalahgunakan jika diakses tanpa kebenaran (Sarac, Absi, & Dauzère-Pérès, 2010). Menurut Shih, Lin, & Lin (2005), penjejakan kakitangan menggunakan RFID boleh menjejaskan privasi, meningkatkan risiko kehilangan aset, serta mendedahkan pekerja kepada ancaman keselamatan seperti pengklonan tag dan pemintasan isyarat. Selain itu, syarikat pembinaan perlu mematuhi peraturan perlindungan data seperti *General data Protection Regulation* (GDPR) dan *California Consumer Privacy Act* (CCPA) bagi mengelakkan penalti dan kerosakan reputasi (Sun, Jiang, & Jiang, 2013).

2.2.6 Kurang Kemahiran RFID

Penggunaan teknologi RFID dalam sektor pembinaan memerlukan latihan dan pengurusan perubahan yang mencukupi untuk memastikan keberkesanan sistem dan penerimaan kakitangan (Liu, Bolic, & Stojmenovi (2009). Kekurangan latihan boleh menghalang pekerja mengendalikan peralatan RFID dengan betul dan mentafsir data yang dijana, yang membawa kepada penggunaan teknologi yang tidak berkesan (Jaselskis & El-Musalami, 2003). Kesilapan pemasangan dan penyelenggaraan sistem akibat kurang kemahiran menyebabkan prestasi yang rendah, kos tambahan, dan kelewatan projek. Pemahaman lemah tentang integrasi RFID dengan sistem sedia ada juga boleh mengakibatkan gangguan kerja dan kesilapan dalam pelaksanaan (Asif & Mandviwalla, 2005). Tambahan pula, kelemahan dalam keselamatan RFID berpotensi menyebabkan pelanggaran data dan ancaman siber yang menjejaskan privasi data sensitif (Asif & Mandviwalla, 2005; Sasi *et al.*, 2024).

2.3 Langkah Atasi Cabaran Penggunaan Teknologi RFID bagi Kelancaran Pengurusan Bekalan Peralatan Di Tapak Bina

2.3.1 Analisis Kos Faedah

Menurut Cepolina & Aquaro (2021) melaksanakan analisis kos-faedah yang teliti sebelum menggunakan sistem RFID adalah penting untuk membandingkan kos pelaksanaan dengan faedah yang dijangkakan, seperti peningkatan kecekapan, pengurangan kehilangan peralatan, dan pengurusan projek yang lebih baik. Ia termasuk menilai penjimatan langsung dan tidak langsung serta membentangkan *Return on Investment* ROI yang jelas kepada pihak berkepentingan (Jaselskis & El-Musalami, 2003). Selain itu, firma boleh mengurangkan kos dengan menggunakan rangkaian sedia ada seperti Wi-Fi untuk penghantaran data RFID dan peranti sedia ada seperti telefon pintar atau tablet sebagai pembaca RFID, meningkatkan fleksibiliti dan mempercepat proses pelaksanaan (Bosche & Haas, 2008).

2.3.2 Latihan Kemahiran Berkaitan FRID Kepada Pekerja

Latihan yang betul adalah kunci meningkatkan keberkesanan sistem RFID dalam kalangan kakitangan pembinaan. Program latihan yang komprehensif harus menekankan kepentingan teknologi RFID, aplikasi tag yang betul, dan tafsiran data yang tepat. Kursus penyelenggaraan berkala dan kemas kini tentang teknologi terkini juga penting untuk mengekalkan tahap kecekapan kakitangan Cheng *et al.* (1999). Firma pembinaan boleh memainkan peranan dengan melabur dalam program latihan yang disasarkan, bekerjasama dengan penyedia teknologi RFID dan pakar industri untuk memastikan kandungan latihan sesuai dan terkini. Menggalakkan budaya pembelajaran berterusan dengan menggalakkan pekerja binaan mengambil kursus pembangunan profesional dan aktiviti perkongsian pengetahuan Mehner, Rothenbusch, & Kauffeld (2024).

2.3.3 Meningkatkan Privasi dan Keselamatan Pengurusan Data

Perisian pengurusan projek dan inventori sedia ada adalah penting bagi memastikan kecekapan dan keselamatan sistem RFID serta penyepaduan data yang efektif (Khan, Ray, & Karmakar, 2024). Memanfaatkan *middleware* untuk menyeragamkan format data dan membolehkan penyegerakan masa nyata merentas sistem adalah

langkah yang berkesan. Selain itu, pembangunan platform pengurusan data berpusat dapat meningkatkan kecekapan pengambilan keputusan dan operasi (Ngcobo *et al.*, 2024). Syarikat pembinaan perlu membangunkan dasar dan prosedur yang jelas untuk privasi data dan keselamatan. Latihan kepada pekerja mengenai amalan terbaik keselamatan dan penggunaan yang betul data juga penting untuk meningkatkan pematuhan dan melindungi daripada kesilapan manusia (Bosche & Haas, 2008).

2.3.4 Memastikan Tag Diletakkan Dengan Betul

Menurut Majrouhi (2012), pemasangan tag RFID memerlukan kejelasan dan kecekapan kerana kesilapannya dapat mengurangkan kebolehbacaan. Orientasi dan penempatan yang betul tag RFID adalah penting untuk memastikan isyarat yang kuat dan bacaan yang tepat. Pekerja harus dilatih tentang teknik penempatan dan orientasi yang sesuai, sambil mengutamakan penggunaan tag dengan *antena omni-directional* untuk meningkatkan kebolehbacaan. Khan, Ray, & Karmakar (2024) mengatakan, tapak pembinaan yang penuh dengan objek logam dan bahan binaan memerlukan penggunaan tag RFID dan pembaca yang direka khas untuk persekitaran yang keras. Ia termasuk peranti yang mampu mengendalikannya gangguan isyarat dan penempatan pembaca yang langkah untuk mengurangkan halangan isyarat. Tinjauan tapak sebelum pemasangan juga penting untuk mengenalpasti sumber gangguan dan merancang penempatan optimum (Jaselskis & El-Musalami, 2003; Ergen, Akinci, & Sacks, 2007).

2.3.5 Memanfaatkan Teknologi untuk Ketepatan Data

Menggabungkan teknologi canggih seperti Internet of Things (IoT) dan pembelajaran mesin boleh meningkatkan ketepatan dan kebolehpercayaan sistem RFID (Arumugam, Britto, & Manoharan, 2019). Penerima IoT boleh melengkapkan sistem RFID dengan menyediakan data tambahan, seperti keadaan persekitaran yang boleh menjejaskan prestasi RFID. Algoritma pembelajaran mesin boleh menganalisis sejarah data RFID untuk meramal dan membetulkan potensi ketidaktepatan. Penyepaduan teknologi ini boleh membawa kepada sistem penjejakan dan pengurusan peralatan yang lebih mantap dan boleh dipercayai (Oesterreich & Teuteberg, 2016).

2.3.6 Menjalinkan Kerjasama dengan Penyedia Teknologi

Kerjasama dengan penyedia teknologi terbukti memberi kelebihan kepada syarikat pembinaan dalam pelaksanaan sistem RFID, termasuk peningkatan kecekapan, pemahaman teknologi mendalam, dan penyelesaian yang disesuaikan (Khan, Ray, & Karmakar, 2024). Contohnya, penyelesaian RFID yang diperibadikan mampu memperbaiki pengurusan inventori dan penjejakan aset (Zhang *et al.*, 2022). Selain itu, sokongan teknikal yang responsif membantu memastikan operasi sistem berjalan lancar dan mengurangkan gangguan (Oesterreich & Teuteberg, 2016).

2.4 Hubungan antara Cabaran Penggunaan Teknologi RFID dengan Langkah Atasi Cabaran bagi Kelancaran Pengurusan Bekalan Peralatan di Tapak Bina

Kajian Khadka & Hwang (2017) mengetengahkan isu cabaran kontraktor mengurus peralatan di tapak bina dengan kepentingan RFID iaitu gangguan tag-ke-tag dan faktor persekitaran yang menghalang isyarat secara meluas daripada RFID serta membuktikan kepentingan hubungan ini. Terdapat hubungan antara persekitaran di tapak bina, seperti habuk, kelembapan, dan suhu melampau, dengan prestasi tag RFID dan pembaca. Seterusnya, hasil daripada kajian yang dijalankan oleh Ergen, Akinci & Sacks, (2007) membuktikan bahawa peralatan seperti mesin kimpalan, motor, dan juga peranti komunikasi tanpa wayar yang lain boleh menyebabkan gangguan isyarat dan mengurangkan kebolehpercayaan bacaan RFID. Terdapat hubungan antara penggunaan RFID oleh kontraktor dan cabaran penggunaan iaitu ketepatan sistem RFID, dengan oleh gangguan isyarat, halangan fizikal, dan penempatan tag yang tidak tepat. Kajian oleh Sulaiman, Jaafar, & Mohezar, (2007) membincangkan hubungan langkah cabaran dan kesannya terhadap kerja pengurusan kontraktor iaitu garis panduan keselamatan dan privasi untuk sistem RFID, menekankan kepentingan menyulitkan data tag, pelupusan tag selamat dan menghalang penjejakan untuk meningkatkan keselamatan data. Di sini terdapat hubungan antara privasi dan keselamatan data dikumpul oleh RFID. Hasil daripada kajian dijalankan oleh Attaran (2012) membuktikan hubungan cabaran dan langkah atasi cabaran iaitu tetapan yang salah oleh kontraktor boleh menyebabkan kadar bacaan lemah, salah baca, atau kegagalan menangkap data sepenuhnya, mengakibatkan gangguan kelancaran aliran kerja di tapak bina. Hal ini menunjukkan terdapat hubungan antara kekurangan latihan dan kemahiran dalam penggunaan teknologi RFID dengan aliran kerja.

3. Kaedah Penyelidikan

3.1 Reka Bentuk Kajian

Kajian ini adalah mengkaji penggunaan teknologi RFID dalam melancarkan kerja pengurusan bekalan peralatan di tapak pembinaan dengan menggunakan kaedah kuantitatif iaitu borang soal selidik bersama kontraktor G7 di Johor. Data yang dikumpulkan dan dianalisis menggunakan perisian *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versi 29 untuk menghasilkan statistik deskriptif seperti peratusan dan skor min, serta menjalankan analisis korelasi bagi menentukan hubungan antara pembolehubah yang dikaji iaitu cabaran dan langkah.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data melibatkan dua kategori utama sumber data, iaitu data primer yang diperoleh secara langsung daripada kontraktor G7 melalui tinjauan lapangan (soal selidik). Borang diedarkan menggunakan dua pendekatan utama, iaitu secara bersemuka dan secara dalam talian melalui pelbagai platform digital seperti WhatsApp, Telegram, Twitter dan e-mel, yang memudahkan penyebaran maklumat kepada kontraktor G7 dengan lebih efisien. Manakala data sekunder yang dikumpulkan daripada pangkalan data sedia ada seperti artikel jurnal, prosiding, buku, laporan dan laman web rasmi untuk menyokong analisis kajian berkaitan cabaran penggunaan teknologi RFID dengan langkah atasi cabaran bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina.

3.2.1 Persampelan

Kajian ini memfokuskan kepada syarikat pembinaan kontraktor G7 di Johor yang berpotensi menggunakan teknologi RFID dalam pengurusan bekalan peralatan di tapak bina. Populasi kajian ini merangkumi 779 kontraktor G7 yang aktif di negeri Johor (CIDB, 2024). Berdasarkan jadual penentuan saiz sampel Krejcie dan Morgan (1970), saiz sampel telah ditentukan secara rawak berstrata, menghasilkan 260 kontraktor G7 sebagai responden kajian untuk memastikan kebolehpercayaan dan representasi data yang optimum.

3.2.2 Kaedah Kajian

Kajian ini telah menggunakan pendekatan kuantitatif secara menyeluruh bagi memperoleh data yang relevan dan komprehensif, selaras dengan usaha memenuhi setiap objektif yang telah digariskan. Borang soal selidik berstruktur yang terbahagi kepada tiga bahagian dibangunkan untuk mengumpul data. Bahagian A menumpukan kepada maklumat demografi responden seperti jantina, umur, kaum, kelayakan akademik, dan pengalaman dalam bidang pembinaan. Bahagian B adalah mengenai cabaran penggunaan teknologi RFID di tapak bina, manakala Bahagian C berkenaan langkah atasi cabaran. Borang menggunakan skala Likert 5 mata untuk mengukur persetujuan responden terhadap permasalahan dan langkah penyelesaian dalam kajian ini. Skala ini dipilih kerana kebolehpercayaan yang tinggi dan memberikan responden pelbagai pilihan untuk mengekspresikan pendapat mereka (Azhar & Mahamod, 2018). Penggunaan skala Likert yang bermula dari 'Sangat Tidak Setuju' hingga 'Sangat Setuju'. Skala Likert 5 mata terdiri daripada lima pilihan respons: Sangat Tidak Setuju (1), Tidak Setuju (2), Neutral (3), Setuju (4), dan Sangat Setuju (5) bagi pencapaian objektif kajian.

3.2.3 Kajian Rintis

Kajian rintis merupakan langkah awal penyelidikan untuk menilai kesesuaian soalan, kaedah, dan sumber, serta memastikan soal selidik jelas sebelum kajian utama dijalankan. Setelah kajian rintis selesai, tindakan menilai maklum balas kontraktor pembinaan untuk memperbaiki item soal selidik telah dibuat bagi pengesahan soalan dan pernyataan soal selidik. Menurut Najib (2003), saiz sampel 6 hingga 20 responden adalah mencukupi untuk menganalisis kesahan luaran. Oleh itu, sebanyak 20 set borang set soal selidik telah diedarkan secara bersemuka fizikal dan atas talian namun, hanya seramai 6 orang kontraktor pembinaan sahaja yang terlibat. Jadual 1 memperincikan hasil ujian kebolehpercayaan dengan nilai alpha cronbach sebanyak 0.7900 bagi maklum balas yang diterima, menunjukkan tahap kebolehpercayaan sangat baik dan efektif dengan tahap konsistensi yang tinggi menurut Bond & Fox (2015). Dapatan ini sekaligus mengesahkan kesesuaian borang soal selidik untuk digunakan dalam proses pengumpulan data sebenar (Tavakol & Dennick, 2011).

Jadual 1 Ujian kebolehppercayaan

Soalan	Responden	Nilai Alpha Cronbach
111	6	0.7900

3.3 Analisis Data

3.3.1 Analisis Deskriptif Frekuensi

Kajian menggunakan analisis kekerapan untuk menganalisis data dalam tiga bahagian yang terdiri daripada Bahagian A (demografi), B (cabaran penggunaan aplikasi RFID bagi kelancaran kerja bekalan peralatan di tapak bina), dan C (langkah atasi cabaran penggunaan aplikasi RFID bagi kelancaran kerja bekalan peralatan di tapak bina). Analisis frekuensi dikira dengan bantuan perisian SPSS digunakan bagi mempersembahkan taburan kekerapan dalam bentuk peratusan dapatan Bahagian A borang untuk membantu menganalisis keputusan dan membuat kesimpulan umum.

3.3.2 Analisis Deskriptif Min

Analisis deskriptif iaitu min digunakan untuk mempersembahkan huraian kuantitatif dalam bentuk yang boleh diurus. Statistik deskriptif membantu pengkaji untuk menganalisis data yang lebih besar dengan cara yang munasabah. Analisis ini melibatkan Bahagian B dan C borang soal selidik bagi pencapaian Objektif 1 dan 2. Tinjauan soal selidik dilakukan dengan cara bergantian menggunakan skala penilaian. Jadual 2 menunjukkan tahap interpretasi min.

Jadual 2 Interpretasi tahap min (Azhar & Mahamod, 2018)

Skor Min	Tahap	Interpretasi Min
1.00 hingga 2.99	Rendah	Tidak setuju
3.00 hingga 3.99	Sederhana	Setuju
4.00 hingga 5.00	Tinggi	Sangat setuju

3.3.3 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dalam kajian ini menentukan hubungan antara cabaran utama dan langkah utama atasi cabaran penggunaan aplikasi RFID di tapak bina. Analisis ini terlibat dalam pencapaian Objektif 3 kerana menurut Pan & Li (2021) ia sesuai digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linear antara dua pembolehubah cabaran dan langkah. Hasil analisis korelasi memberikan gambaran tentang sejauh mana cabaran penggunaan RFID mempengaruhi langkah bagi kelancaran kerja di tapak pembinaan. Kesimpulan korelasi didasarkan pada nilai pekali r, Pearson sebagaimana yang ditunjukkan dalam Jadual 3. Namun proses ujian normaliti dinilai terlibat dahulu bagi mendapatkan tahap kenormalan data daripada borang soal selidik yang membolehkan pekali Pearson dijadikan asas penilaian hubungan. Analisis normaliti mendedahkan bahawa data menunjukkan nilai signifikan kurang daripada 0.05 iaitu sebanyak 0.001, justeru membenarkan penggunaan pekali Pearson sebagai asas dalam analisis korelasi, selaras dengan cadangan metodologi oleh Field (2018).

Jadual 3 Pekali Skala Penilaian Indeks Korelasi (Pallant, 2007)

Nilai Skala Korelasi (r)	Tahap Hubungan Korelasi
0.91 hingga 1.00	Sangat kuat
0.71 hingga 0.90	Kuat
0.51 hingga 0.70	Sederhana
0.31 hingga 0.50	Lemah
0.01 hingga 0.30	Sangat Lemah
0.00	Tiada hubungan

4. Keputusan dan Perbincangan

Sebanyak 260 set soal selidik telah diedarkan kepada syarikat pembinaan kontraktor G7 di Johor, dengan 87 set telah dikembalikan dengan jawapan lengkap dengan mencapai kadar maklum balas sebanyak 34.8% daripada jumlah soal selidik yang diedarkan. Kadar maklum balas ini melebihi peratus minimum yang disyorkan untuk

tujuan analisis statistik, yang mana adalah 30% respons (Kaliyadan & Kulkarni, 2019). Oleh itu, proses analisis data dapat diteruskan dengan keyakinan bahawa jumlah respons yang diterima mencukupi untuk menghasilkan keputusan yang sah dan boleh dipercayai.

4.1 Latar Belakang Responden

Jadual 4 menunjukkan rumusan analisis data Bahagian A dalam set borang soal selidik. Maklumat pendidikan menunjukkan majoriti responden (71.3%) memiliki ijazah sarjana muda, iaitu seramai 62 responden. Dari segi tempoh aktif dalam industri dengan 33.3% responden memiliki pengalaman antara 6 hingga 10 tahun iaitu seramai 29 responden. Mengenai jawatan, jurutera awam merupakan kumpulan terbesar iaitu 51.7% atau seramai 45 responden.

Jadual 4 Analisis deskriptif frekuensi latar belakang responden

No.	Maklumat Responden	Frekuensi	Peratus (%)
1	Tahap Pendidikan		
	Sijil Kemahiran	5	5.7
	STPM / Diploma	13	14.9
	Ijazah Sarjana Muda	62	71.3
	Sarjana / Ph.D	7	8.1
2	Tempoh Aktif Dalam Industri Pembinaan		
	1-5 tahun	24	27.6
	6-10 tahun	29	33.3
	11-20 tahun	27	31.0
	21 tahun ke atas	7	8.1
3	Jawatan		
	Pengurus Projek	17	19.4
	Jurutera Awam	45	51.8
	Arkitek	9	10.4
	Penyelia Tapak	15	17.3
	Lain-lain	1	1.1

4.2 Aplikasi RFID Terhadap Bekalan Peralatan Di Tapak Bina

Jadual 5 rumusan analisis data responden Bahagian B dengan purata tertinggi ialah "Menyepadukan teknologi canggih," mencatatkan purata 4.1609, diikuti "Meningkatkan kecekapan", "Meningkatkan keselamatan", "Mengurus peralatan" dan "Memastikan ketersediaan peralatan" masing-masing berkongsi kedudukan tempat kedua dengan purata 4.1494. Ia menunjukkan tahap persetujuan tinggi di kalangan responden terhadap kepentingan aspek-aspek tersebut. Perkara yang berada di kedudukan terakhir ialah "Mengurangkan kos," dengan purata 4.1034, namun ia masih berada pada tahap persetujuan "tinggi".

Jadual 5 Analisis deskriptif min aplikasi RFID terhadap bekalan peralatan di tapak bina

No.	Perkara	Purata (min)	Tahap Persetujuan	Kedudukan
Aplikasi RFID Terhadap Bekalan Peralatan Di Tapak Bina		4.1428	Tinggi	
1	Menyepadukan teknologi canggih	4.1609	Tinggi	1
2	Meningkatkan kecekapan	4.1494	Tinggi	2
3	Meningkatkan keselamatan	4.1494	Tinggi	2
4	Mengurus peralatan	4.1494	Tinggi	2
5	Memastikan ketersediaan peralatan	4.1494	Tinggi	2
6	Mengesan peralatan	4.1379	Tinggi	6
7	Mengurangkan kos	4.1034	Tinggi	7

4.3 Cabaran Penggunaan Teknologi RFID Bagi Kelancaran Pengurusan Bekalan Peralatan Di Tapak Bina

Analisis dapatan utama bagi Objektif 1 dalam Jadual 6 menunjukkan beberapa cabaran utama yang dihadapi oleh responden dalam pelaksanaan sistem RFID di tapak pembinaan. Faktor kos pelaksanaan yang tinggi

memperoleh purata keseluruhan 4.2052, dengan kos sokongan teknologi tinggi dan kos latihan tinggi menunjukkan tahap persetujuan "tinggi" (purata 4.2299). Faktor sistem RFID yang rumit juga menunjukkan tahap persetujuan "tinggi" dengan purata 4.2052, dan isu keperluan antara muka perisian khusus memperoleh purata tertinggi 4.2299. Keadaan tidak stabil di tapak bina dan isu sistem RFID yang mahal turut mencatatkan purata tinggi, di mana perlunya bentuk muka bumi rata dan latihan kakitangan yang tidak mencukupi masing-masing mencatat purata 4.1954 dan 4.2184. Selain itu, masalah privasi dan keselamatan data mencatatkan purata 4.2023, dengan pemintasan isyarat RFID memperoleh purata tertinggi 4.2414. Faktor kemahiran pula mencatatkan purata keseluruhan 4.2222, menunjukkan tahap persetujuan "tinggi" terhadap kesukaran penyelenggaraan dan peningkatan bajet projek (purata 4.2414). Dapatan ini selari dengan kajian Zhang *et al.* (2022), Li & Visich (2006) dan Lederle (2021) yang menyatakan bahawa kos teknologi RFID boleh menjadi beban besar bagi banyak firma pembinaan, terutamanya Perusahaan Kecil Sederhana (PKS), mempengaruhi keputusan untuk melaksanakan teknologi ini di tapak pembinaan.

Jadual 6 Analisis deskriptif min cabaran penggunaan teknologi RFID

No.	Cabaran Teknologi RFID	Purata (min)	Tahap Persetujuan	Kedudukan
Kos Pelaksanaan Yang Tinggi		4.2052	Tinggi	2
1	Kos Sokongan Teknologi Tinggi	4.2299	Tinggi	1
2	Kos Latihan Tinggi	4.2299	Tinggi	1
3	Kos Penyelenggaraan Tinggi	4.2184	Tinggi	3
4	Kos Pendahuluan Tinggi	4.1954	Tinggi	4
5	Kos Operasi Tinggi	4.1954	Tinggi	4
6	Peruntukan Pelaburan Tinggi	4.1839	Tinggi	6
7	Terdapat Kos Tambahan	4.1839	Tinggi	6
Sistem RFID Rumit		4.2052	Tinggi	2
1	Perlukan antara dua muka perisian	4.2299	Tinggi	1
2	Perlukan perisian tengah khusus	4.2184	Tinggi	2
3	Ketidaktepadanan teknologi binaan sedia ada	4.2069	Tinggi	3
4	Kekurangan protokol piawai	4.2069	Tinggi	3
5	Sensitif kepada cuaca melampau	4.2069	Tinggi	3
6	Sensitif dengan persekitaran berdebu	4.1954	Tinggi	6
7	Tidak serasi dengan fizikal tapak	4.1839	Tinggi	7
8	Guna sistem berbeza bagi peralatan	4.1839	Tinggi	7
9	Akses data rumit	4.1839	Tinggi	7
10	Kerumitan logistik	4.1724	Tinggi	10
Keadaan Tidak Stabil Di Persekitaran Tapak Bina		4.1790	Tinggi	6
1	Perlukan bentuk muka bumi rata	4.1954	Tinggi	1
2	Perlukan struktur tanah stabil	4.1839	Tinggi	2
3	Sensitif dengan hujan	4.1839	Tinggi	2
4	Sensitif dengan kabus	4.1839	Tinggi	2
5	Perlukan orientasi betul	4.1839	Tinggi	2
6	Gagal beri data tepat	4.1609	Tinggi	6
7	Keadaan cuaca tidak menentu	4.1609	Tinggi	6
Sistem RFID Mahal		4.1845	Tinggi	5
1	Latihan kakitangan tidak cukup	4.2184	Tinggi	1
2	Kendali peralatan tidak betul	4.2069	Tinggi	2
3	Tag RFID tepat lagi mahal	4.1954	Tinggi	3
4	Gangguan elektromagnet	4.1954	Tinggi	3
5	Sumber kuasa yang tinggi	4.1839	Tinggi	5
6	Peletakan tag kritikal	4.1839	Tinggi	5
7	Ralat tag	4.1839	Tinggi	5
8	Isyarat optimum	4.1724	Tinggi	8
9	Pemasangan tag rumit	4.1379	Tinggi	9
Privasi Dan Keselamatan Data Tidak Telus		4.2023	Tinggi	4
1	Pemintasan isyarat RFID	4.2414	Tinggi	1
2	Aliran kerja tidak lancar	4.2299	Tinggi	2
3	Berlaku serangan siber	4.2299	Tinggi	2

4	Pendedahan maklumat sensitif	4.2093	Tinggi	4
5	Data sensitive	4.2069	Tinggi	5
6	Pemalsuan tag RFID	4.2069	Tinggi	5
7	Peraturan lindung data lemah	4.2029	Tinggi	7
8	Kebocoran data	4.1954	Tinggi	8
9	Ganggu privasi pekerja	4.1839	Tinggi	9
10	Kecurian data	4.1724	Tinggi	10
11	Keselamatan data tidak terjamin	4.1264	Tinggi	11
Kurang Kemahiran		4.2222	Tinggi	1
1	Kesukaran Menyelenggara	4.2414	Tinggi	1
2	Peningkatan Bajet Projek	4.2414	Tinggi	1
3	Berlaku Kelewatan Sistem	4.2184	Tinggi	3
4	Berlaku Kesilapan Sistem	4.2069	Tinggi	4
5	Tidak Mempunyai Pengetahuan	4.2299	Tinggi	5
6	Sistem Inovasi Tidak Berkesan	4.1954	Tinggi	6

4.4 Langkah Atasi Cabaran Penggunaan Teknologi RFID bagi Kelancaran Pengurusan Bekalan Peralatan Di Tapak Bina

Berdasarkan Jadual 7, analisis yang dilakukan dalam beberapa aspek penting menunjukkan bahawa tahap persetujuan responden terhadap faktor-faktor berkaitan teknologi RFID adalah tinggi. Dalam analisis kos-faedah, faktor "Kurangkan kos perkakasan" mencatatkan purata tertinggi 4.2759, diikuti oleh "Kurangkan kos sisabahan" (4.2529) dan "Jimatkan faedah tidak langsung" (4.2299), menunjukkan tahap persetujuan yang tinggi. Bagi latihan kemahiran berkaitan RFID, "Latihan pemasangan" dan "Platform kongsi pengetahuan" masing-masing mendapat purata 4.2529, menandakan persetujuan tinggi, sementara "Latihan rekabentuk sistem" berada di kedudukan terakhir dengan purata 4.1954. Dalam meningkatkan privasi dan keselamatan data, purata tertinggi dicatatkan oleh "Sedia garis panduan kumpul data" dan faktor-faktor lain dengan purata 4.2529, menunjukkan tahap persetujuan yang sangat tinggi. Untuk memastikan tag diletakkan dengan betul, "Guna pembaca yang sesuai" mencatatkan purata tertinggi 4.2759, diikuti oleh "Lokasi yang mudah dicapai" dan "Lokasi pembaca yang strategik" (4.2529), sementara "Pastikan tag mudah dibaca" dan "Kurang halangan peletakan" berada pada kedudukan terakhir dengan purata 4.2184. Secara keseluruhan, semua faktor menunjukkan tahap persetujuan yang sangat tinggi dengan purata keseluruhan 4.2241 hingga 4.3030. Hal ini selari dengan dapatan daripada Khan, Ray, & Karmakar (2024), Waqar (2023), Singh *et al.* (2014) dan Li & Visich (2006) yang membentangkan bahawa ROI yang jelas (Pulangan Pelaburan) dapat membantu mewajarkan perbelanjaan awal kepada pihak berkepentingan, memberikan gambaran tentang keuntungan jangka panjang yang boleh dicapai dengan pelaksanaan teknologi RFID.

Jadual 7 Analisis deskriptif min langkah atasi cabaran Teknologi RFID

No.	Langkah Atasi Cabaran Teknologi RFID	Purata (min)	Tahap Persetujuan	Kedudukan
Analisis Kos-Faedah		4.2241	Tinggi	5
1	Kurangkan kos perkakasan	4.2759	Tinggi	1
2	Kurangkan kos sisabahan	4.2529	Tinggi	2
3	Jimatkan faedah tidak langsung	4.2299	Tinggi	3
4	Bandingkan kos operasi faedah	4.2184	Tinggi	4
5	Kira ROI dengan jelas	4.2069	Tinggi	5
6	Tidak kira kos buruh ketara	4.1609	Tinggi	6
Latihan Kemahiran Berkaitan RFID Kepada Pekerja		4.2517	Tinggi	2
1	Latihan pemasangan	4.2529	Tinggi	1
2	Platform kongsi pengetahuan	4.2529	Tinggi	1
3	Video pengajaran	4.2414	Tinggi	2
4	Latihan keselamatan data	4.2414	Tinggi	2
5	Sesil latihan praktikal	4.2299	Tinggi	5
6	Program latihan komprehensif	4.2069	Tinggi	6
7	Berimanual	4.2184	Tinggi	7
8	Latihan penyepaduan data	4.2184	Tinggi	8
9	Kursus pembangunan profesional	4.2184	Tinggi	9

10	Libat persidangan industri	4.2184	Tinggi	9
11	Latihan rekabentuk system	4.1954	Tinggi	11
Meningkatkan Privasi Dan Keselamatan Pengurusan Data		4.3030	Tinggi	1
1	Sedia garis panduan kumpul data	4.2529	Tinggi	1
2	Sedia garis panduan simpan data	4.2529	Tinggi	1
3	Sedia garis panduan gunadata	4.2529	Tinggi	1
4	Laksanakan kawalan capaian	4.2529	Tinggi	1
5	Buat katalaluan kukuh	4.2529	Tinggi	1
6	Adakan audit capaian	4.2529	Tinggi	1
7	Sedia dasar yang jelas	4.2414	Tinggi	7
8	Pengurusan data secara berpusat	4.2299	Tinggi	8
9	Gunakan program "Middleware"	4.2184	Tinggi	9
10	Sedia prosedur yang jelas	4.2184	Tinggi	10
11	Data disepadukan dengan tepat	4.2069	Tinggi	11
Memastikan Tag Diletakkan Dengan Betul		4.2571	Tinggi	2
1	Guna pembaca yang sesuai	4.2759	Tinggi	1
2	Lokasi yang mudah dicapai	4.2529	Tinggi	2
3	Lokasi pembaca yang strategik	4.2529	Tinggi	2
4	Guna tag yang sesuai	4.2414	Tinggi	4
5	Guna tag antenna omni-directional	4.2299	Tinggi	5
6	Kurang halangan peletakan	4.2184	Tinggi	6
7	Pastikan tag mudah dibaca	4.2184	Tinggi	6
Memanfaatkan Teknologi Untuk Ketepatan Data		4.0302	Tinggi	6
1	Gunakan pendera	4.1379	Tinggi	1
2	Guna algoritma	4.1379	Tinggi	1
3	Gunakan pembelajaran mesin	4.1149	Tinggi	3
4	Analisis sejarah data	4.1149	Tinggi	3
5	Analisis tag	4.1494	Tinggi	5
6	Analisis pembaca	4.1264	Tinggi	6
Menjalinkan Kerjasama Dengan Penyedia Teknologi		4.2458	Tinggi	4
1	Pergunakan kepakaran rakan kongsi	4.2414	Tinggi	1
2	Minimumkan gangguan aliran kerja	4.2414	Tinggi	1
3	Tingkatkan kecekapan hubungan	4.2299	Tinggi	3
4	Tingkatkan produktiviti kerja	4.2299	Tinggi	3
5	Amalkan pengurusan rantai	4.2299	Tinggi	3
6	Akseskan sokongan teknikal	4.2299	Tinggi	3
7	Maksimumkan masa operasi	4.2184	Tinggi	7
8	Komited faedah jangka Panjang	4.1954	Tinggi	8
9	Minimumkan kelewatan susulan balas	4.1954	Tinggi	9

4.5 Hubungan antara Cabaran Utama dengan Langkah Utama Atasi Cabaran

Analisis korelasi ini dijalankan berdasarkan panduan dalam Jadual 3, bertujuan untuk menguji hipotesis kajian mengenai hubungan antara cabaran utama dan langkah utama dalam penggunaan aplikasi RFID untuk pengurusan bekalan peralatan. Kajian ini melibatkan tiga pembolehubah utama yang diambil daripada kedudukan min 3 teratas yang menunjukkan tahap persetujuan tinggi responden terhadap kepentingan faktor-faktor tersebut di tapak bina Johor (McCombes *et al.*, 2022). Melalui analisis ini, hubungan antara faktor yang mempengaruhi penggunaan aplikasi RFID dan kelancaran pengurusan bekalan dapat dianalisis dengan lebih mendalam, menghasilkan kesimpulan yang lebih komprehensif mengenai keberkesanan aplikasi tersebut.

Kajian ini mendapati langkah-langkah utama untuk mengatasi cabaran dalam penerapan teknologi di tapak bina, seperti kos teknologi tinggi, kos latihan, dan kos penyelenggaraan. Langkah yang menunjukkan korelasi tertinggi termasuk **Minimumkan Gangguan Aliran Kerja** ($r = 0.841$, $p = 0.004$), **Pergunakan Kepakaran Rakan Kongsi** ($r = 0.841$, $p = 0.011$), dan **Sediakan Garis Panduan Kumpul Data** ($r = 0.827$, $p = 0.01$). Hubungan yang sangat kuat dan positif ini menekankan pentingnya kerjasama dengan pakar, panduan yang jelas, dan aliran kerja yang efisien untuk mengurangkan kos dan mempercepat penerapan teknologi seperti RFID. Sementara itu, langkah seperti **Guna Algoritma** dan **Guna Pembelajaran Mesin** menunjukkan korelasi sederhana hingga lemah, mencerminkan perlunya pelaburan yang lebih tinggi dan perancangan teliti sebelum

memberikan impak signifikan (Jadual 4.16-4.20). Penanganan cabaran khusus seperti bentuk muka bumi dan sensitiviti terhadap hujan, langkah seperti **Latihan Pemasangan** ($r = 0.853$, $p = 0.01$) dan **Sediakan Garis Panduan Simpan Data** ($r = 0.698$, $p = 0.01$) menunjukkan keberkesanan tinggi. Langkah ini menekankan keperluan latihan teknikal dan panduan data yang baik untuk mengurangkan kos operasi dan memastikan kestabilan teknologi di tapak bina. Sebaliknya, langkah seperti **Guna Penderia** ($r = 0.377$, $p = 0.005$) memerlukan perhatian tambahan kerana hubungan yang lebih lemah, menunjukkan bahawa cabaran pelaksanaan seperti kos perkakasan tinggi boleh mengurangkan keberkesanan langkah tersebut. Langkah lain yang penting termasuk **Tingkatkan Kecekapan Hubungan** ($r = 0.911$, $p = 0.001$) dan **Lokasi Pembaca yang Strategik** ($r = 0.846$, $p = 0.003$), yang relevan untuk menangani isu seperti serangan siber dan pemintasan isyarat RFID. Hubungan positif yang sangat kuat mencadangkan bahawa fokus pada hubungan antara pihak berkepentingan dan perancangan lokasi komponen teknologi adalah kunci untuk keberhasilan pelaksanaan teknologi. Sebaliknya, langkah seperti **Guna Pembelajaran Mesin** dan **Kurangkan Kos Perkakasan** menunjukkan hubungan yang lebih lemah, mencadangkan perlunya pengoptimuman untuk meningkatkan keberkesannya.

Hasil kajian ini menyokong hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan terdapat hubungan signifikan antara cabaran utama dan langkah-langkah untuk mengatasi cabaran utama dalam penggunaan aplikasi RFID bagi pengurusan bekalan peralatan di tapak bina. Analisis menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara langkah-langkah seperti mengurangkan gangguan aliran kerja, menggunakan kepakaran rakan kongsi, dan menyediakan garis panduan data dengan cabaran seperti kos tinggi dan kompleksiti teknologi RFID. Langkah-langkah lain, seperti latihan pemasangan dan penyediaan garis panduan simpan data, juga menunjukkan hubungan signifikan dalam menangani cabaran teknikal. Selain itu, strategi untuk meningkatkan hubungan antara pihak berkepentingan dan perancangan lokasi pembaca RFID menunjukkan korelasi yang paling kuat dalam menangani isu keselamatan dan pemintasan isyarat. Walaupun langkah seperti penggunaan algoritma dan pembelajaran mesin menunjukkan hubungan yang lebih lemah, keberkesannya masih signifikan namun memerlukan sokongan tambahan. Kesimpulannya, dapatan ini menolak hipotesis nul (H_0) dan mengukuhkan keperluan strategi, kerjasama, dan sokongan teknikal untuk mempercepatkan penggunaan RFID di tapak bina. Rujuk Jadual 8 bagi matriks tahap hubungan secara keseluruhan.

Rumusannya, kajian ini menyimpulkan bahawa langkah-langkah utama dalam mengatasi cabaran penerapan teknologi RFID di tapak bina menunjukkan keselarasan dengan hasil kajian terdahulu iaitu kajian Khadka & Hwang (2017) menggariskan gangguan persekitaran seperti habuk dan kelembapan yang boleh menghalang prestasi tag RFID, sejajar dengan penemuan bahawa gangguan aliran kerja dapat diminimumkan melalui perancangan yang teliti. Langkah seperti menggunakan kepakaran rakan kongsi dan menyediakan garis panduan untuk data turut selari dengan kajian oleh Sulaiman, Jaafar, & Mohezar (2007), yang menekankan pentingnya keselamatan data dalam teknologi RFID. Kajian oleh Attaran (2012) juga menyokong dapatan kajian bahawa kekurangan latihan boleh mengganggu aliran kerja, yang sejajar dengan cadangan kajian ini untuk menyediakan latihan pemasangan yang mencukupi. Secara keseluruhannya, hasil kajian ini menunjukkan konsistensi dengan literatur terdahulu dan menegaskan keperluan untuk strategi yang komprehensif dalam menangani cabaran penggunaan teknologi RFID.



Rajah 1 Kerangka hubungan antara cabaran dan langkah atasi cabaran penggunaan teknologi RFID bagi kelancaran pengurusan bekalan peralatan di tapak bina

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussien Onn Malaysia di atas segala sokongan yang diberi.

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:** Muhammad Aiman Safwan Azizan, Rozlin Zainal; **pengumpulan data:** Muhammad Aiman Safwan Azizan; **analisis dan interpretasi hasil:** Muhammad Aiman Safwan Azizan, Rozlin Zainal; **penyediaan draf manuskrip:** Muhammad Aiman Safwan Azizan, Rozlin Zainal, Narimah Kasim, Noralfishah Sulaiman. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

Rujukan

- Abkar, M. M. A., Yunus, R., Gamil, Y., & Albaom, M. A. (2024). Enhancing construction site performance through technology and management practices as material waste mitigation in the Malaysian construction industry. *Heliyon*, 10(7), e28721. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28721>
- Adenekan, T. K. (2022, March). *Next-generation security and privacy strategies for RFID technologies*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/385089729_NextGeneration_Security_and_Privacy_Strategies_for_RFID_Technologies
- Akmal Nizam Mohammed & Farzad Ismail (2013) Study of an entropy-consistent Navier-Stokes flux, *International Journal of Computational Fluid Dynamics*, 27(1), 1-14, <https://doi.org/10.1080/10618562.2012.752573>
- Arumugam, A. S. K., Britto R. S., & Manoharan, R. (2019). Implementation of RFID with Internet of Things. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(1S2), 193-197. https://www.researchgate.net/publication/371438482_Implementation_of_RFID_with_Internet_of_Things
- Asif, M. & Mandviwalla, M. (2005). Integrating the supply chain with RFID: A technical and business analysis. *Communications of the Association for Information Systems*, 15(1), 38. https://www.researchgate.net/publication/313168759_Integrating_the_supply_chain_with_RFID
- Attaran, M. (2012). RFID: An enabler of supply chain operations. *International Journal of Information Management*, 32(5), 403-410. https://www.researchgate.net/publication/216704130_RFID_An_enabler_of_supply_chain_operations
- Azhar, S., & Mahamod, Z. (2018). Likert Scale: A Critical Review. *International Journal of Management and Humanities*, 3(5), 104-109.
- Bernama. (2023, November 9). Nilai kerja sektor pembinaan melonjak 9.6 peratus kepada RM33.4 bilion pada suku ketiga. Astro Awani. <https://www.astroawani.com/berita-bisnes/nilai-kerja-sektor-pembinaan-melonjak-96-peratus-kepada-rm334-bilion-pada-suku-ketiga-445344>
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2015). *Applying the Rasch Model Fundamental Measurement in the Human Sciences (3rd ed.)*. Mahwah, NJ L. Erlbaum. - References - Scientific Research Publishing. (n.d.). <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1645967>
- Bosché, F., & Haas, C. T. (2008). Automated 3D data collection (A3DDC) for 3D building information modeling. *Automation in Construction*, 17(6), 824-834. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.01.001>
- Brandenburg, M., Gruchmann, T., & Oelze, N. (2019). Sustainable supply chain management—A conceptual framework and future research perspectives. *Sustainability*, 11(24), 7239. <https://doi.org/10.3390/su11247239>
- Cataldo, I., Banaitis, A., Samadhiya, A., Luthra, S., & 3 other authors. (2022). Sustainable supply chain management in construction: An exploratory review for future research. *Journal of Civil Engineering and Management*, 28(7), 536-553. <https://doi.org/10.3846/jcem.2022.17202>
- Cepolina, E. M., & Aquaro, D. (2021). RFID and logistics: A cost-benefit analysis to design the most cost-effective RFID set-up for an air cargo handler's warehouse. *Proceedings of the 20th International Conference on Modelling and Applied Simulation (MAS)*, part of the 18th International Multidisciplinary Modeling & Simulation Multiconference (I3M). <https://doi.org/10.46354/i3m.2021.mas.029>
- Chen, J. C., Cheng, C. H., & Huang, P. B. (2013). Supply chain management with lean production and RFID application: A case study. *Expert Systems with Applications*, 40(9), 3389-3397. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.047>
- Cheng, N. C. H., Kumar, A., Motwani, J., Reisman, A., & Madan. (1999). A citation analysis of the technology innovation management journals. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 46(1), 4-13. <https://doi.org/10.1109/17.740028>
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson UK. https://www.ascdegrecollege.ac.in/wpcontent/uploads/2020/12/Logistics_and_Supply_Chain_Management.pdf
- CIDB. (2020). Guidelines for Implementing RFID Technology in Construction Projects: Best Practices for G7 Contractors. Kuala Lumpur: Construction Industry Development Board. Dicapai pada Mac 10, 2024 daripada https://www.cidb.gov.my/wp-content/uploads/2022/07/211-Guideline-for-developer-contractor-small-medium-Migration-from-conventional-method-to-IBS_compressed-1.pdf
- CIDB. (2024). Rekod Kontraktor G7 di Negeri Johor. Dewan Pembangunan dan Pembinaan Malaysia. Dicapai pada Mei 12, 2024 daripada <https://cims.cidb.gov.my/smis/regcontractor/reglocalsearchcontractor.vbhtml>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.)*. Hillsdale, NJ Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. - References - Scientific Research Publishing. (n.d.). <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=2041144>

- Coltman, T., Gadh, R., & Michael, K. (2008). RFID and supply chain management: Introduction to the special issue. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 3(1), 1-4. <https://doi.org/10.3390/jtaer3010002>
- Dikbas, A., Ergen, E., & Giritli, H. (Eds.). (2010). *Managing IT in construction/Managing construction for tomorrow* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482266665>
- Ergen, E., Akinci, B., & Sacks, R. (2007). Life-cycle data management of engineered-to-order components using radio frequency identification. *Advanced Engineering Informatics*, 21(4), 356-366. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2006.09.004>
- Ernstzen, L. (2024, January 24). *Mastering RFID asset tracking: A comprehensive guide*. Triton Commercial Systems. <https://tritonstore.com.au/rfid-asset-tracking/#:~:text=At%20its%20core%2C%20RFID%20employs.and%20are%20prone%20to%20errors>
- Field, A.P. (2018) *Discovering Statistics using IBM SPSS Statistics. 5th Edition*, SAGE, Newbury Park. - References - Scientific Research Publishing. (n.d.). <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3504991>
- Gerrish, A. B. (2021, December 27). *Privacy and security implications of using RFID technology*. Gerrish Legal. <https://www.gerrishlegal.com/blog/privacy-and-security-implications-of-using-rfid-technology>
- Ghanem, AbdelRazig & Mahdi, (2008). Evaluation of a real-time construction project progress tracking. <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB4432.pdf>
- Hamadneh, S., Keskin, E., Alshurideh, M. T., Al Kurdi, B., & Alshurideh, M. T. (2021). The benefits and challenges of RFID technology implementation in supply chain: A case study from the Turkish construction sector. *Uncertain Supply Chain Management*, 9(4), 1071-1080. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2021.x.006>
- Heravi, G., & Eslamdoost, E. (2015). Applying artificial neural networks for measuring and predicting Construction-Labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(10). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001006](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001006)
- Ibrahim, O. A., Ibrahim, I. A., & Varouqa, F. (2020). *Materials management on construction sites using RFID technique*. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(4), 1575. <https://www.ijstr.org/final-print/apr2020/Materials-Management-On-Construction-Sites-Using-Rfid-Technique.pdf>
- Jabatan Perangkaan Malaysia. (2024). Annual Report on Construction Industry Performance, 2023. Kuala Lumpur: Jabatan Perangkaan Malaysia. Dicapai pada Mei 2, 2024 daripada https://v1.dosm.gov.my/v1/index.php?r=column/ctwoByCat&parent_id=76&menu_id=OEY5SWtFSVVFVUpmUXEyaHppMVhEdz09
- Jang, W.-S., & Skibniewski, M. (2009). Cost-benefit analysis of embedded sensor system for construction materials tracking. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(5), 378-386. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2009\)135:5\(378\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:5(378))
- Jaselskis, E. J., & El-Misalami, T. (2003). RFID technology in construction. In Proceedings of the 2003 Construction Research Congress, 1-10. https://www.researchgate.net/publication/239386796_Implementing_Radio_Frequency_Identification_in_the_Construction_Process
- Jung, Y. and Jeong, M. M. (2017). Evaluating the Readability of Radio Frequency Identification for Construction Materials. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 7(1), 14-20 <http://doi.org/10.32738/IEPPM.201701.0003>
- Kaliyadan, F. and Kulkarni, V. (2019) Types of Variables, Descriptive Statistics, and Sample Size. *Indian Dermatology Online Journal*, 10, pp. 82-86. https://doi.org/10.4103/idoj.IDOJ_468_18
- Kasim, N., Latiffi, A. A. & Fathi, M. S. (2013). RFID Technology for Materials Management in Construction Projects – A Review. *International Journal of Construction Engineering and Management*, 2(4A), 7-12. https://www.researchgate.net/publication/256605916_RFID_Technology_for_Materials_Management_in_Construction_Projects_-_A_Review
- Khadka, G., & Hwang, S.-S. (2017). Tag-to-tag interference suppression technique based on time division for RFID. *Sensors*, 17(1), 78. <https://doi.org/10.3390/s17010078>
- Khan, S. I., Ray, B. R., & Karmakar, N. C. (2024). Barriers to the implementation of radio frequency identification (RFID) for automation in construction. *Automation in Construction*, 159, 105249. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105249>
- Kineber, A. F., Oke, A. E., Elseknidy, M., Hamed, M. M., & Kayode, F. S. (2023). Barriers to the implementation of radio frequency identification (RFID) for sustainable building in a developing economy. *Sustainability*, 15(1), 825. <https://doi.org/10.3390/su15010825>
- Kochovski, P., & Stankovski, V. (2018). Supporting smart construction with dependable edge computing infrastructures and applications. *Automation in Construction*, 85, 182-192. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.008>

- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001316447003000308>
- Lederle, C. (2021, July 19). *Construction equipment management to reduce downtime*. Tread. Retrieved from <https://tread.io/blog/construction-equipment-management-to-reduce-downtime>
- Lee, K.-P., Lee, H.-S., Lee, H.-S., Park, M.-S., & Baek, Y.-J. (2010). RFID-based real-time locating system for construction safety management. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 11(2), 106-114. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2010.11.2.106>
- Lee, T. Y. (2021). *User needs for RFID-cloud construction equipment management system* (Master's project report, Universiti Teknologi Malaysia). School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Teknologi Malaysia. <https://eprints.utm.my/102369/1/LeeTsuYianMSKA2021.pdf>
- Li, S., & Visich, J. (2006). Radio Frequency Identification: Supply chain impact and implementation challenges. *International Journal of Integrated Supply Management*, 2(4), 406-420.
<https://doi.org/10.1504/IJISM.2006.009643>
- Lin, Y.-C., Cheung, W.-F., Hsieh, Y.-C., Siao, F.-C., & Su, Y.-C. (2011). Developing RFID-based instruments maintenance management in construction lab. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/17493>
- Liu, H., Bolic, M., & Stojmenovi, I. (2009). Integration of RFID and wireless sensor networks. In *Proceedings of the International Conference on RFID and Wireless Sensor Networks*, 1-13.
https://doi.org/10.1142/9789812833495_0013
- Liu, Y., Dong, J., & Shen, L. (2020). A conceptual development framework for prefabricated construction supply chain management: An integrated overview. *Sustainability*, 12(5), 1878.
<https://doi.org/10.3390/su12051878>
- Majrouhi, S., J. (2012). Influence of RFID technology on automated management of construction materials and components. *Scientia Iranica*, 19(3), 381-392. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2012.02.023>
- Majrouhi, S., J. (2012). Influence of RFID technology on automated management of construction materials and components. *Scientia Iranica*, 19(3), 381-392. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2012.02.023>
- Mehner, L., Rothenbusch, S., & Kauffeld, S. (2024). How to maximize the impact of workplace training: A mixed-method analysis of social support, training transfer and knowledge sharing. *European Journal of Work and Organizational Psychology*. <https://doi.org/10.1080/1359432X.2024.2319082>
- Mehner, L., Rothenbusch, S., & Kauffeld, S. (2024). How to maximize the impact of workplace training: A mixed-method analysis of social support, training transfer and knowledge sharing. *European Journal of Work and Organizational Psychology*. <https://doi.org/10.1080/1359432X.2024.2319082>
- Mohd Najib, A. G. (2003). *Reka bentuk tinjauan soal selidik pendidikan*. Skudai Universiti Teknologi Malaysia. - References - Scientific Research Publishing. (n.d.).
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=176067>
- Musarat, M. A., Alaloul, W. S., Khan, A. M., Ayub, S., & Jousseume, N. (2024). A survey-based approach of framework development for improving the application of internet of things in the construction industry of Malaysia. *Results in Engineering*, 21, 101823. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101823>
- Nakanishi, Y., Kaneta, T., Kaneta, T., & Nishino, S. (2022). A review of monitoring construction equipment in support of construction project management. *Frontiers in Built Environment*, 7, Article 632593.
<https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.632593>
- Ngcobo, K., Bhengu, S., Mudau, A., & Matshaka, L. (2024). Enterprise data management: Types, sources, and real-time applications to enhance business performance - A systematic review. *Preprints*, 202409.1913.v1.
<https://doi.org/10.20944/preprints202409.1913.v1>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.03.007>
- Omotayo, T., Awuzie, B. O., Egbelakin, T., Sojobi, A., & Others. (2024). The construction industry's future. In *T. Omotayo, B. O. Awuzie, T. Egbelakin, & A. Sojobi (Eds.), Innovations, disruptions, and future trends in the global construction industry*. <https://doi.org/10.1201/9781003372233-21>
- Pallant, J. (2007). *SPSS survival manual: A step-by-step guide to data analysis using SPSS for Windows* (3rd ed.). Maidenhead: Open University Press.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=771114>
- Radosavljevic, M., & Dan-Asabe, D. (2008). How Could Construction Supply Chain Benefit from RFID/GPS Integration: A Knowledge Management Perspective. *Semantic Scholar*.
<https://www.semanticscholar.org/paper/How-could-construction-supply-chain-benefit-from-a-Radosavljevic-Dan-Asabe/afcf4f12aee5724fada9af7103cca05c9482f62>
- Sarac, A., Absi, N., & Dauzère-Pérès, S. (2010). A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 77-95.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.039>

- Sasi, T., Lashkari, A. H., Lu, R., Xiong, P., & Iqbal, S. (2024). A comprehensive survey on IoT attacks: Taxonomy, detection mechanisms, and challenges. *Journal of Information and Intelligence*, 2(6), 455–513. <https://doi.org/10.1016/j.jiixd.2023.12.001>
- Schaufelberger, J. E., & Holm, L. (2017b). Management of construction projects. In *Routledge eBooks*. <https://doi.org/10.4324/9781315529097>
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Shih, D.-H., Lin, C.-Y., & Lin, B. (2005). RFID tags: Privacy and security aspects. *International Journal of Mobile Communications*, 3(3), 214–230. <https://doi.org/10.1504/IJMC.2005.006581>
- Singh, A., Ghosh, S., Roy, B., Roy, B., & Baghel, R. P. (2014). Application of radio frequency identification (RFID) technology in dairy herd management. *International Journal of Livestock Research*, 4(1), 10. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20140208085018>
- Skibniewski, M. J., & Jang, W.-S. (2009). Simulation of accuracy performance for wireless sensor-based construction asset tracking. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 24(5), 335–345. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2009.00592.x>
- Sulaiman, A., Jaafar, N. I., & Mohezar, S. (2007). An Overview of Mobile Banking Adoption among the Urban Community. *International Journal of Mobile Communications*, 5, 157–168. <https://doi.org/10.1504/IJMC.2007.011814>
- Sun, C., Jiang, F., & Jiang, S. (2013). Research on RFID applications in the construction industry. *Journal of Networks*, 8(5), 1221–1228. <https://doi.org/10.4304/jnw.8.5.1221-1228>
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Valero, E., Adán, A., & Cerrada, C. (2015). Evolution of RFID applications in construction: A literature review. *Sensors (Basel)*, 15(7), 15988–16008. <https://doi.org/10.3390/s150715988>
- Van Lieshout, M., Grossi, L., Spinelli, G., Helmus, S., Kool, L., Pennings, L., Stap, R., Veugen, T., van der Waaij, B., & Borean, C. (2007). *RFID technologies: Emerging issues, challenges and policy options* (EUR 22770 EN). European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC36957/eur22770en.pdf>
- Vrijhoef, R., & Koskela, L. (2000). The four roles of supply chain management in construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6(3-4), 169–178. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969701200000137>
- Wan Hamid, W. H., & Loh, C. H. (2008). Development and implementation of radio-frequency identification (RFID) technology for inventory management system: A case study. *Jurnal Mekanikal*, 27(December), 51–68. <https://jurnalmekanikal.utm.my/index.php/jurnalmekanikal/article/view/130/129>
- Wang, L.-C., Lin, Y.-C., & Lin, P. H. (2007). Dynamic mobile RFID-based supply chain control and management system in construction. *Advanced Engineering Informatics*, 21(4), 377–390. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2006.09.003>
- Waqar, A., Othman, I., Shafiq, N., & Khan, A. M. (2023). Integration of passive RFID for small-scale construction project management. *Data and Information Management*, 7(4), 100055. <https://doi.org/10.1016/j.dim.2023.100055>
- Woods, M. (2024, September 30). *Using RFID for inventory management: Pros and cons*. Camcode: A division of Horizons Inc. <https://www.camcode.com/blog/using-rfid-for-inventory-management-pros-and-cons/?srsltid=AfmB0oq3ty0J12Sl5qXLk-WLme8Hc6wdyvO6Kyy0d20BgseXLkTle8eS>
- Yang, Y., & Wang, X. (2021). Fast RFID tag sorting at the edge for internet of things. *IEEE Access*, 9, 90268–90282. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3090438>
- Zhang, S., Zhang, Y., Li, H., Wu, J., & Yu, J. (2022). Integrating RFID technology into construction supply chain management: A systematic review. *Automation in Construction*, 135, 103860. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103860>