

## Kajian Penggunaan Teknologi RFID dalam Mempengaruhi Pengawasan Keselamatan Bahan Binaan di Tapak Bina

### *Study on RFID Technology Implementation in Influencing the Security Control of Building Materials at Construction Sites*

Tay Chen Chong<sup>1</sup>, Narimah Kasim<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Pernaigaan (FPTP), Universiti Tun Hussein Onn (UTHM), Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

<sup>2</sup> Pusat Pengurusan Perkhidmatan Projek, Hartanah & Fasiliti, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Pernaigaan, Universiti Tun Hussein Onn (UTHM), Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

\*Pengarang Utama: [narimah@uthm.edu.my](mailto:narimah@uthm.edu.my)

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2025.06.01.026>

#### Maklumat Artikel

Diserah: 31 Mac 2025

Diterima: 30 April 2025

Diterbitkan: 30 Jun 2025

#### Kata Kunci

Bahan binaan, keselamatan, pengawasan, RFID, teknologi

#### Abstrak

Industri pembinaan di Malaysia terjejas disebabkan oleh pengurusan bahan-bahan binaan yang lemah, kekurangan piawaian dan teknologi yang tidak mencukupi. Penggunaan *Radio Frequency Identification* (RFID) telah digunakan dalam pelbagai industri, termasuk pembuatan, penjagaan kesihatan, pengangkutan dan aplikasi penjejakan. Walau bagaimanapun, RFID belum digunakan secara meluas dalam industri pembinaan khusus dalam keselamatan bahan binaan di tapak bina. Sistem penjejakan bahan di tapak pembinaan masih digunakan secara manual yang mempunyai beberapa kelemahan. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk mengetahui cabaran penggunaan RFID, faktor yang mempengaruhi dan langkah untuk meningkatkan keberkesanan penggunaan RFID dalam keselamatan bahan binaan di tapak pembinaan. Kajian ini akan menggunakan pendekatan kualitatif yang melibatkan temu bual menggunakan soalan separa berstruktur bagi mendapatkan maklumat kajian. Responden termasuk pihak pengeluar komponen RFID, pihak pengurus operasi dan organisasi pembinaan yang menggunakan teknologi RFID. Maklumat yang diperolehi akan dianalisis menggunakan kaedah analisis kandungan untuk memperolehi maklumat mengenai objektif daripada responden. Hasil kajian mendapati, cabaran utama yang diperolehi adalah kos pelaksanaan, penglibatan pihak berkepentingan dan penerimaan teknologi. Selain itu, faktor yang mempengaruhi penggunaan teknologi RFID adalah latihandan pengetahuan, permintaan, faktor teknikal dan integrasi dengan teknologi lain. Antara langkah untuk meningkatkan keberkesanan penggunaan teknologi RFID adalah hala tuju RFID dan meningkatkan kesedaran dan latihan. Kesimpulannya, kajian ini diharapkan dapat menyumbang dalam memperkenalkan teknologi inovatif untuk meningkatkan proses pengurusan bahan binaan dengan mengaplikasikan teknologi terkini seperti RFID untuk menjadikannya

---

lebih cekap dan mudah serta mengurangkan masalah untuk pengurusan tapak pembinaan yang lebih baik.

---

### Keywords

Building materials, control, RFID, security, technology

### Abstract

The construction industry in Malaysia is affected by weak management of construction materials, a lack of standards, and insufficient technology. Radio Frequency Identification (RFID) technology has been utilized in various industries, including manufacturing, healthcare, transportation, and tracking applications. However, RFID has not been widely adopted in the construction industry, particularly in ensuring the security of construction materials at project sites. Material tracking systems at construction sites are still manually operated, which has several drawbacks. Hence, this study is conducted to identify the challenges of using RFID, the influencing factors, and measures to enhance the effectiveness of RFID usage in ensuring the security of construction materials at project sites. This study adopts a qualitative approach involving interviews with semi-structured questions to gather information. Respondents include RFID component manufacturers, operations managers, and construction organizations utilizing RFID technology. The collected information will be analyzed using content analysis methods to obtain insights related to the objectives from the respondents. The findings reveal that the main challenges are implementation costs, stakeholder engagement, and technology acceptance. Furthermore, factors influencing the use of RFID technology include training and knowledge, demand, technical factors, and integration with other technologies. Measures to enhance the effectiveness of RFID technology include establishing a clear RFID direction and increasing awareness and training. In conclusion, this study aims to contribute to the introduction of innovative technology to improve construction material management processes by applying modern technologies like RFID, making them more efficient and user-friendly, and reducing issues for better construction site management.

---

## 1. Pengenalan

Pengurusan bahan binaan adalah rumit serta penting kerana ia menyebabkan keberkesanaan projek tersebut dari pra-pembinaan, semasa dan selepas pembinaan. Morse (2021) menegaskan bahawa pelan pengurusan bahan yang berkesan boleh mengurangkan jumlah kos projek, menjimatkan masa dan meningkatkan kecekapan projek. Sebaliknya, strategi pengurusan yang kurang baik akan menyebabkan produktiviti dan kecekapan kerja yang rendah, masalah kesihatan dan keselamatan serta keuntungan projek yang lebih rendah. Masalah yang dihadapi oleh industri pembinaan adalah kebanyakannya masih menggunakan sistem berasaskan kertas. Sistem ini sukar diurus kerana memerlukan banyak dokumentasi untuk menyimpan maklumat yang diperolehi (Asapuri & Payghan, 2022). Bukan begitu sahaja sistem kertas ini juga senang dihilangkan dan kurang mempunyai salinan yang lengkap. Selain itu, menurut laporan Asapuri & Payghan (2022) menyatakan bahawa kebanyakan isu adalah berada dalam pembinaan di Malaysia kerana terlalu banyak laporan masih menggunakan sistem kertas dan kekurangan maklumat atau data yang terkini untuk mengemas kini. Oleh itu, penggunaan teknologi yang terkini seperti RFID haruslah digunakan dalam projek pembinaan untuk menambahkan sistem pengurusan dan keselamatan bahan binaan di tapak bina.

Seterusnya, masalah yang dihadapi oleh industri pembinaan adalah kes kecurian di tapak pembinaan. Justeru itu, penggunaan teknologi seperti RFID berpotensi digunakan dalam projek pembinaan untuk meningkatkan keselamatan bahan binaan di tapak bina. Teknologi RFID ini menggunakan gelombang radio untuk mengenal pasti secara automatik manusia atau objek dari beberapa jauh dan mengumpulkan data yang diperolehi (Herdansyah, 2022). Oleh itu, RFID amat sesuai digunakan dalam pengurusan bahan binaan dan meningkatkan keselamatan bahan binaan. Bukan begitu sahaja, isu yang dihadapi oleh industri pembinaan adalah mencapai kejayaan projek. Mencapai kejayaan projek mengikut tempoh masa yang ditetapkan adalah mudah jika aliran kerja projek tersebut pada landasan yang betul. Cara yang paling berkesan untuk membantu dalam meningkatkan kadar aliran kerja adalah melalui pelaksanaan teknologi baharu yang menyediakan penyelesaian yang baik terhadap masalah tersebut. Contohnya menggunakan teknologi RFID dalam sistem pengesanan bahan untuk meningkatkan keselamatan bahan binaan. Menurut Richer (2021), sebab utama adalah industri pembinaan sukar untuk mendedahkan teknologi yang baharu kerana banyak industri pembinaan tidak

mengetahui jalan penyelesaian yang ada. Oleh itu penggunaan teknologi RFID dalam industri pembinaan adalah amat sesuai digunakan.

Selain itu, kos untuk melaksanakan teknologi baru adalah tinggi. Menurut López *et al.* (2018), kos pelaksanaan RFID adalah mahal kerana memerlukan peralatan yang lebih mewah untuk mengekalkan hayatnya. Kos yang tinggi ini menyebabkan banyak syarikat pembinaan tidak melabur dalam teknologi RFID kerana mereka tidak melihat pulangan pelaburan yang jelas (Oke *et al.*, 2023). Oleh itu, hanya terdapat sesetengah syarikat menggunakan teknologi yang canggih untuk meningkatkan keselamatan di tapak bina. Penggunaan RFID dalam pembinaan adalah amat sesuai kerana ia boleh digunakan untuk mengurus bahan binaan secara maya dan data yang dikumpul adalah tepat (Su, 2024). Oleh itu, objektif penyelidikan ini adalah untuk mengkaji cabaran, faktor-faktor yang mempengaruhi, strategi bagi keberkesanan penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina.

## 2. Kajian Literatur

### 2.1 Pengawalan Bahan Binaan Di Tapak Bina

#### 2.1.1 Semua Amalan Pengurusan Bahan Binaan

Amalan pengurusan bahan binaan melibatkan perancangan, perolehan, pengendalian, kawalan stok dan sisa, serta logistik bahan dalam projek pembinaan (Albert *et al.*, 2018). Perancangan melibatkan penyediaan dan penyelenggaraan rekod untuk menentukan tahap inventori serta jadual penghantaran (Tanko *et al.*, 2017). Pengurusan yang berkesan memastikan aliran bahan yang lancar di tapak, mengelakkan kehabisan stok dan kelewatan penghantaran. Perolehan pula memastikan bahan berkualiti diperolehi tepat pada masa, lokasi, dan bajet yang dipersetujui. Menurut Adeyinka *et al.* (2014), ia melibatkan perancangan pembelian, jadual penghantaran, dan tindakan susulan bagi memastikan ketepatan penghantaran bahan.

#### 2.1.2 Kesan Pengurusan Bahan Binaan

**Kesan Alam Sekitar:** Pengurusan bahan yang berkesan membantu pemuliharaan sumber asli, mengurangkan penggunaan tenaga, dan mengurangkan kesan alam sekitar sepanjang kitaran hayat bahan (Van Ewijk & Stegemann, 2016).

**Kesan Ekonomi:** Penggunaan bahan bukan dara yang lebih murah dapat mengurangkan kos pembelian dan pengangkutan, meningkatkan daya saing kontraktor, serta membuka peluang pekerjaan dalam industri guna semula dan kitar semula (Wayrah *et al.*, 2021).

**Kesan Prestasi:** Penggunaan bahan yang diselamatkan mengurangkan kos bahan dan meningkatkan produktiviti, memastikan bahan tersedia tepat pada masa dan kuantiti yang diperlukan, seterusnya meningkatkan kawalan kualiti dan hubungan dengan pembekal (Jensen, 2014).

#### 2.1.3 Isu Pengurusan Bahan Binaan

Pengurusan bahan dalam projek pembinaan adalah fungsi kritikal yang memberi impak besar terhadap produktiviti dan keberkesanan keseluruhan projek. Proses ini perlu dijalankan di semua peringkat, termasuk perancangan, pembelian, penyimpanan, dan penggunaan bahan di tapak bina. Namun, industri pembinaan masih menghadapi cabaran, terutamanya dengan penggunaan sistem berasaskan kertas, yang menyebabkan ketidakcekapan dan kekurangan data terkini untuk mengemas kini laporan (Asapuri *et al.*, 2022). Masalah lain yang dihadapi adalah kecurian bahan di tapak pembinaan, yang sering disebabkan oleh kegagalan dalam memeriksa kuantiti bahan dan memantau pergerakan bahan serta kenderaan (Hairizan *et al.*, 2023). Kecurian dan kerugian bahan binaan ini boleh meningkatkan kos operasi dan mempengaruhi prestasi keseluruhan projek.

Kelewatan projek adalah isu utama yang sering menyebabkan peningkatan kos, penurunan reputasi, dan konflik dengan pelanggan. Menurut Masrom *et al.* (2021), kelewatan berlaku apabila kerja atau penghantaran tidak diselesaikan dalam tempoh yang ditetapkan oleh kontrak atau persetujuan pihak-pihak terlibat. Kos pelaksanaan yang tinggi juga merupakan cabaran dalam industri pembinaan. Mahamud *et al.* (2021) menjelaskan bahawa kos ini melibatkan sistem, pelaburan, serta operasi dan penyelenggaraan. Walaupun pengurangan kos sering menjadi keutamaan, ia kadangkala boleh mengorbankan kualiti atau keselamatan. Ketidakstabilan harga bahan binaan dan tenaga buruh turut memberi tekanan tambahan kepada kos projek pembinaan.

## 2.2 Radio Frequency Identification (RFID)

### 2.2.1 Sejarah RFID

RFID bermula dengan penemuan radio oleh Guglielmo Marconi pada 1879, yang membuka jalan untuk komunikasi tanpa wayar. Teknologi RFID sendiri muncul pada 1940an dan 1950an dengan penciptaan sistem seperti Identification Friend or Foe (IFF) yang digunakan semasa Perang Dunia II untuk membezakan pesawat (Gorabal & Manjaiah, 2014). Pada 1970an dan 1980an, teknologi RFID berkembang untuk aplikasi pengurusan inventori dan pengenalan objek dalam industri.

### 2.2.2 Komponen RFID

Menurut Gorabal & Manjaiah (2014), sistem RFID terdiri daripada tiga komponen utama: pemancar, pembaca, dan antena. Pemancar berfungsi untuk menghantar isyarat radio bagi mengenal pasti dan menjejaki objek yang dilengkapi dengan teg RFID. Teg RFID terbahagi kepada dua jenis, iaitu tag pasif yang terdiri daripada cip mikro yang tahan terhadap suhu tinggi, bahan kimia, cuaca sejuk, dan hentaman keras. Pembaca, atau interrogator, digunakan untuk mengenal pasti dan menganalisis data daripada tag RFID. Pembaca ini berhubung dengan sistem komputer dan memerlukan frekuensi tertentu, seperti Frekuensi Tinggi (13.56 MHz) atau Frekuensi Ultra Tinggi (433 MHz hingga 930 MHz), untuk berkomunikasi dengan tag. Pembaca boleh disambungkan melalui kabel USB atau secara wayarles menggunakan sambungan bersiri atau WiFi. Antena RFID pula berfungsi untuk menghantar dan menerima gelombang radio antara tag dan pembaca, memastikan komunikasi yang berkesan. Terdapat pelbagai jenis antena, termasuk tampalan, polarisasi linear, dan omni arah, yang berbeza dari segi jarak liputan dan ketepatan. Ketinggian antena juga memainkan peranan penting dalam memastikan maklumat disampaikan dengan tepat dan efisien (Mallawakkang, 2020).

### 2.2.3 Penggunaan Teknologi RFID

Industri pembinaan bergantung kepada penggunaan kertas yang banyak, tetapi teknologi RFID dapat mengurangkan penggunaan kertas, menjimatkan masa, dan mengurangkan kesilapan dalam pengesanan dokumen (Rashid & Yusoff, 2017). Penggunaan RFID dapat memberi kebaikan dalam pengurusan aset dalam pengawalan dan meningkatkan kecekapan dalam pengurusan inventori. RFID juga dapat meningkatkan produktiviti dengan menjejaki peralatan, bahan, dan kakitangan dengan lebih berkesan, menghapuskan kemasukan data manual, dan mengurangkan risiko kehilangan bahan berharga (Damanik & Irawan, 2021). Jadual 1 di bawah menunjukkan penggunaan teknologi RFID.

**Jadual 1** Penggunaan Teknologi RFID

No.	Penggunaan Teknologi RFID	Rujukan
1.	Mengawal Dokumen	Rashid & Yusoff (2013), Kasim <i>et al.</i> (2012)
2.	Pengurusan Aset	Kasim <i>et al.</i> (2019)
3.	Peningkatan Komunikasi	Thomas (2023)
4.	Menjimatkan Kos dan Masa	Damanik & Irawan(2021)
5.	Peningkatan Produktiviti	Damanik & Irawan(2021)

## 2.3 Cabaran Penggunaan Teknologi RFID dalam Mempengaruhi Pengawalan Keselamatan Bahan Binaan di Tapak Bina

Kos awal untuk melaksanakan teknologi RFID adalah tinggi, termasuk kos tag RFID, pembaca, dan infrastruktur. Walaupun harga tag RFID telah menurun, kos ini masih menjadi halangan utama, terutamanya untuk projek besar (Hamadneh *et al.*, 2021). RFID juga memerlukan peralatan lebih mewah untuk mengekalkan hayatnya (López *et al.*, 2018), dan tag aktif lebih mahal kerana mempunyai sumber tenaga sendiri dan jangkauan bacaan lebih jauh (Bazergan *et al.*, 2021). Kerjasama yang lemah antara pihak berkepentingan seperti kontraktor dan pengurus projek boleh menghalang pelaksanaan RFID yang berkesan. Kerjasama yang baik penting untuk memastikan keselamatan dan keberkesanan dalam projek pembinaan (Adzhar *et al.*, 2023), dan struktur organisasi yang terpecah boleh menjejaskan kerjasama (Rasheed *et al.*, 2023).

Penglibatan pengurusan atasan adalah penting untuk memastikan sumber yang mencukupi dan penerimaan RFID. Pelaksanaan RFID juga memerlukan penyelarasan antara jabatan untuk mengelakkan masalah integrasi (Waqar *et al.*, 2023). Sistem RFID memerlukan protokol pengesahan yang tepat untuk mengelakkan kecurian data (Cai *et al.*, 2022), dan kegagalan teknikal dalam pembaca atau tag RFID boleh

menyebabkan gangguan dalam operasi (Rashid & Yusoff, 2017). Pekerja mungkin mengalami rintangan terhadap teknologi baru kerana gangguan pada rutin kerja, dan latihan serta komunikasi yang jelas adalah penting untuk mengatasi halangan ini (Opoku *et al.*, 2023). Jadual 2 di bawah menunjukkan cabaran penggunaan teknologi RFID.

**Jadual 2 Cabaran Penggunaan Teknologi RFID**

No.	Cabaran Penggunaan Teknologi RFID	Rujukan
1.	Kos Perlaksanaan	Hamadneh <i>et al.</i> , (2013), López <i>et al.</i> (2018), Bazergan <i>et al.</i> (2021)
2.	Kekurangan Penglibatan Pihak Berkepentingan	Adzhar <i>et al.</i> (2023), Yahaya <i>et al.</i> (2018), Rasheed <i>et al.</i> (2023)
3.	Kekurangan Sokongan Organisasi	Waqar <i>et al.</i> (2023)
4.	Keselamatan Data	Rashid & Yusoff (2017), Cai <i>et al.</i> (2022),
5.	Penerimaan Teknologi	Opoku <i>et al.</i> (2023)

## 2.4 Faktor yang Mempengaruhi Penggunaan Teknologi RFID dalam Pengawasan Keselamatan Bahan Binaan di Tapak Bina

Ketidakmatangan teknologi merujuk kepada tahap perkembangan teknologi RFID yang masih dalam proses evolusi dan belum mencapai tahap optimal untuk digunakan secara meluas dalam pembinaan (Iacovidou, Purnell & Lim, 2018). Walaupun teknologi ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan kecekapan dan keselamatan, terdapat keterbatasan teknikal yang perlu diatasi. Kekurangan pusat latihan dan program pendidikan formal mengenai RFID menyebabkan pekerja pembinaan tidak memiliki pengetahuan yang mencukupi untuk mengendalikan sistem ini dengan berkesan, menghalang penerapannya (Dosumu *et al.*, 2023). Kekurangan permintaan dalam industri pembinaan juga mempengaruhi penerimaan RFID, di mana kos pelaksanaan yang tinggi menyebabkan syarikat tidak melihat pulangan pelaburan yang jelas (Oke *et al.*, 2023).

Faktor teknikal yang mempengaruhi penggunaan RFID termasuk kualiti sistem antena, persekitaran tapak bina yang penuh dengan logam, kelembapan, dan halangan fizikal, yang boleh mengganggu isyarat RFID (Valero & Adán, 2016). Pengintegrasian RFID dengan teknologi lain seperti BIM, GPS, AR, dan dron dapat meningkatkan keselamatan dan kecekapan, terutamanya dalam projek bangunan bertingkat tinggi (Manzoor *et al.*, 2021; Ergen & Akinci, 2007). Jadual 3 di bawah menunjukkan factor mempengaruhi penggunaan teknologi RFID.

**Jadual 3 Faktor Mempengaruhi Penggunaan Teknologi RFID**

No.	Faktor Mempengaruhi Penggunaan Teknologi RFID	Rujukan
1.	Ketidakmatangan Teknologi RFID	Valero <i>et al.</i> (2015)
2.	Kekurangan Latihan dan Pengetahuan	Waqar <i>et al.</i> (2023)
3.	Kekurangan Permintaan	Oke <i>et al.</i> (2023), Chen & Aini (2020)
4.	Faktor Teknikal	Valero & Adán (2016)
5.	Integrasi dengan Teknologi Lain	Manzoor <i>et al.</i> (2021), Ergen & Akinci (2007)

## 2.5 Langkah-langkah untuk Meningkatkan Penggunaan Teknologi RFID dalam Pengawasan Keselamatan Bahan Binaan di Tapak Bina

Kerjasama antara pembuat dasar kerajaan adalah penting untuk mempromosikan penggunaan teknologi RFID dalam industri pembinaan. Melalui dasar insentif seperti pelepasan cukai dan subsidi, syarikat akan lebih digalakkan untuk melaksanakan sistem RFID, mempercepatkan penyebaran teknologi ini (Ang *et al.*, 2016). Hala tuju yang jelas dalam penggunaan teknologi dan inovasi juga penting, kerana ia membantu industri pembinaan memanfaatkan kelebihan seperti pembinaan berasaskan data, binaan berkomputer, dan penggunaan bahan binaan inovatif, yang meningkatkan keberkesanan dan kualiti projek (Valero & Adán, 2016). Namun, cabaran

utama ialah kekurangan latihan dan pengetahuan mengenai teknologi RFID di kalangan pekerja pembinaan, yang boleh menghalang penerapannya (Hazirizan *et al.*, 2023). Oleh itu, program latihan asas mengenai konsep RFID dan komponen utamanya perlu diperkenalkan untuk meningkatkan pemahaman pekerja (Oke *et al.*, 2023). RFID telah digunakan dengan meluas dalam industri pembinaan untuk mengawal proses sepanjang kitaran hidup bangunan (Valero *et al.*, 2015).

Penggunaan RFID lebih mudah diterima apabila ia membantu mempermudah kerja harian, meningkatkan produktiviti, dan mengurangkan pembaziran (Samsuddin *et al.*, 2020). Teknologi ini membolehkan pengesanan dan pengurusan aset yang lebih baik di tapak pembinaan, meningkatkan ketepatan dan keberkesanan pengurusan projek (Valero *et al.*, 2015). Jadual 4 di bawah menunjukkan langkah meningkatkan penggunaan RFID.

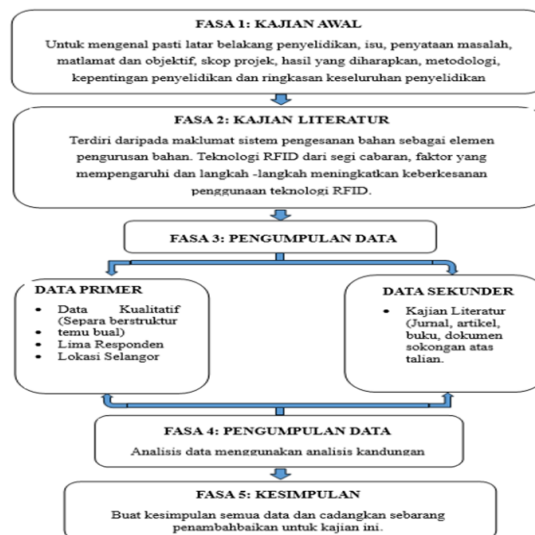
**Jadual 4** Langkah Meningkatkan Penggunaan RFID

No.	Langkah Meningkatkan Penggunaan RFID	Rujukan
1.	Dasar Kerajaan	Ang <i>et al.</i> (2016)
2.	Hala Tuju RFID	Valero & Adán (2016)
3.	Meningkatkan Kesedaran dan Latihan	Kasim <i>et al.</i> (2019), Oke <i>et al.</i> (2023)
4.	Program Pembangunan dan Penyelidikan	Valero <i>et al.</i> (2015), Lu <i>et al.</i> (2011)
5.	Kemudahan Menggunakan RFID	Valero <i>et al.</i> (2015), Samsuddin <i>et al.</i> (2020)

### 3. Metodologi Kajian

#### 3.1 Reka Bentuk Kajian

Reka bentuk kajian adalah pelan tindakan yang merangkumi aspek seperti pendekatan kajian, kaedah persampelan, pengumpulan data, serta teknik menganalisis data dan penulisan laporan. Dalam kajian ini, analisis kualitatif digunakan untuk mengumpul data. Menurut Apuke (2017), analisis data kualitatif melibatkan penyusunan, penganalisan, dan penilaian data melalui kaedah seperti temu bual, pemerhatian, atau analisis dokumen. Kajian ini menggunakan kaedah kualitatif, dengan temu bual semi-struktur dijalankan bersama individu berjawatan dalam syarikat berkaitan untuk mendapatkan maklumat kajian. Kajian kualitatif memberi pemahaman mendalam mengenai subjek atau pengalaman hidup peserta, yang turut menjelaskan sebab di sebalik tindakan mereka (Rahman, 2016). Proses kajian ialah prosedur sistematik yang digunakan oleh penyelidik untuk membimbing penyempurnaan sesuatu kajian. Dalam kajian ini terdapat lima fasa yang menggariskan proses dan aktiviti yang lengkap dari permulaan sehingga akhir kajian. Rajah 1 menunjukkan keseluruhan proses kajian yang dilaksanakan.



**Rajah 1** Proses Kajian

## 3.2 Pengumpulan Data

### 3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung dari sumber pertama melalui pemerhatian atau wawancara (Kabir, 2016). Data primer merujuk kepada maklumat yang dikumpulkan secara langsung daripada sumber asal melalui kaedah penyelidikan yang direka khusus untuk kajian ini. Dalam kajian ini, data primer diperoleh melalui temu bual separa berstruktur dengan pihak pengeluar komponen RFID, pihak pengurus operasi dan organisasi pembinaan yang menggunakan teknologi RFID. Temu bual separa berstruktur dipilih kerana ia membolehkan penyelidik mengemukakan soalan yang telah dirancang sambil memberi fleksibiliti untuk meneroka jawapan responden dengan lebih mendalam. Temu bual mengandungi soalan berkaitan cabaran, faktor dan langkah-langkah yang dapat meningkatkan penggunaan RFID.

### 3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder atau kajian literatur digunakan untuk mendapatkan pengetahuan umum mengenai topik penyelidikan. Sumbernya termasuk jurnal, maklumat atas talian, kertas persidangan, dan buku (Kabir, 2016). Ia membantu memahami keadaan semasa, mencapai matlamat, dan menghasilkan analisis berkualiti tinggi. Dalam konteks ini, data sekunder dikumpul untuk menyiasat cabaran, faktor, dan langkah penggunaan teknologi RFID dalam mempengaruhi pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak pembinaan.

### 3.2.3 Populasi dan Sampel Kajian

Populasi kajian merujuk kepada sekumpulan orang atau objek yang menjadi sasaran kajian. Populasi yang besar sering kali tidak praktikal atau mahal untuk dikaji sepenuhnya, jadi pengkaji menggunakan prosedur persampelan. Dalam kajian ini, populasi terdiri daripada kontraktor yang berdaftar dari Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB). Selain itu, lokasi kajian dipilih adalah di Selangor kerana lokasi ini merupakan lokasi bandar yang mempunyai pelbagai jenis projek pembinaan seperti pembinaan LRT3 dan MRT3 yang sedang dijalankan. Sampel adalah sekumpulan kecil daripada populasi yang dipilih untuk kajian, bertindak sebagai wakil untuk analisis statistik. Tujuan sampel adalah untuk membolehkan kajian dijalankan ke atas individu yang mewakili populasi agar hasil kajian boleh digeneralisasikan. Persampelan melibatkan pemilihan kumpulan atau suasana yang ingin diselidik berdasarkan kriteria tertentu (Idris & Abdul, 2018). Dalam kajian ini, seramai lima responden dipilih berdasarkan pihak pengeluar komponen RFID, pihak pengurus operasi dan organisasi pembinaan yang menggunakan teknologi RFID.

### 3.2.4 Analisis Data

Analisis data adalah proses untuk menghasilkan kesimpulan daripada pengumpulan data, dengan matlamat membangunkan hipotesis berdasarkan pemahaman mendalam. Cabaran utama adalah mengumpul data melalui rundingan dengan pihak berkaitan, diikuti dengan penyusunan data untuk memudahkan pembuatan keputusan. Kajian ini menggunakan analisis kandungan kualitatif, yang melibatkan data daripada temu bual dan tinjauan literatur untuk menjawab soalan kajian dan mencapai matlamat kajian (Ruslin *et al.*, 2022).

## 4. Hasil Dapatan dan Perbincangan

### 4.1 Latar Belakang Responden

Terdapat lima responden di kalangan kontraktor G7 ditunjukkan dalam Jadual 5. Kesemua responden berpengalaman menggunakan RFID dalam projek dan semua syarikat berpangkalan di sekitar negeri Selangor. Latar belakang responden termasuklah organisasi, jawatan, pendidikan dan pengalaman penggunaan teknologi. Ia membolehkan data yang dikumpul daripada responden adalah tulen dan maklum balas daripada responden berkesan untuk penyelidikan ini. Jadual di bawah menunjukkan latar belakang responden.

**Jadual 5** Latar Belakang Responden

Responden	Organisasi	Jawatan	Pendidikan	Pengalaman Penggunaan Teknologi
R1	RF iDent Sdn Bhd	Pengurus Projek	Kejuruteraan Teknologi	20 Tahun
R2	UiD Solutions Sdn Bhd	Pengurus Operasi	Kejuruteraan Elektrik Dan Elektronik Dalam	28 Tahun

R3	Ecosensa Technologies	Pengurus Projek	Komunikasi Kejuruteraan Teknologi	10 Tahun
R4	Inchz IoT Sdn Bhd	Pengurus Pembangunan Perniagaan	Kejuruteraan Komputer	5 Tahun
R5	Wiserf Technologies Sdn Bhd	Pengurus Projek	Kejuruteraan Elektrik	15 Tahun

#### 4.2 Cabaran Penggunaan Teknologi RFID dalam Pengawasan Keselamatan Bahan Binaan Di Tapak Bina

Berdasarkan Jadual 6, terdapat 3 cabaran utama penggunaan teknologi RFID dalam pengawasan keselamatan bahan binaan di tapak bina. Cabaran ini termasuk: kos pelaksanaan, penglibatan pihak berkepentingan dan penerimaan teknologi. Semua responden yang mengambil bahagian dalam kajian ini mengenal pasti dan bersetuju dengan 3 cabaran ini. Seterusnya, hanya responden R2, R3, R4 dan R5 sahaja yang bersetuju sokongan organisasi merupakan cabaran penggunaan teknologi RFID dalam pengawasan keselamatan bahan binaan di tapak bina. Manakala keselamatan data hanya R3, R4 dan R5 sahaja bersetuju.

Kos awal untuk melaksanakan teknologi RFID adalah tinggi, termasuk kos tag RFID, pembaca, dan infrastruktur yang diperlukan untuk mengumpul dan menganalisis data. Menurut kesemua responden menyatakan kos pelaksanaan RFID adalah sangat mahal kerana ia akan melibatkan kos yang tinggi dan bergantung kepada kuantiti yang diminta. Walaupun harga tag RFID telah menurun, kos ini masih menjadi halangan utama, terutamanya untuk projek berskala besar (Hamadneh *et al.*, 2021). Di bawah adalah kenyataan daripada responden.

*“Kos tag RFID dan pembaca RFID menjadi satu cabaran, kerana harganya berkisar antara satu sen hingga satu ringgit. Selain itu, tag ini tidak boleh dikitar semula, dan kos akan meningkat jika kuantiti yang diperlukan adalah banyak. Oleh itu, kos penggunaan akan meningkat jika kuantiti tag yang diperlukan adalah banyak.” (R1)*

Seterusnya, penglibatan pihak berkepentingan turut dikenal pasti sebagai cabaran utama ia menekankan kepentingan komunikasi dan koordinasi yang baik antara semua pihak. Kesemua responden bersetuju bahawa kerjasama antara kontraktor, pengurus projek, dan pihak keselamatan (sekuriti) dalam pelaksanaan teknologi RFID apabila semua pihak memahami peranan mereka masing-masing. Kajian menunjukkan kerjasama yang baik antara pihak berkepentingan adalah memastikan keselamatan dan keberkesanan dalam projek pembinaan (Adzhar *et al.*, 2023). Pihak berkepentingan mempunyai matlamat yang berbeza yang boleh menyebabkan konflik dan halangan dalam mencapai matlamat projek (Yahaya *et al.*, 2019). Di bawah adalah kenyataan daripada responden.

*“Kerjasama antara semua pihak adalah sangat penting. Setiap pihak perlu memahami peranan supaya sistem dapat berfungsi dengan baik. Tanpa kerjasama yang baik, mungkin menghadapi masalah dalam pelaksanaan.” (R1)*

Di samping itu, penerimaan teknologi turut menjadi cabaran utama kerana ia menggambarkan keperluan untuk meningkatkan kesedaran dan memberikan latihan kepada pengguna. Kekurangan pengetahuan dan kesedaran mengenai teknologi RFID dan manfaatnya boleh menyebabkan syarikat industri tidak mudah untuk menerima. Pihak pengurusan dan pekerja mungkin tidak memahami sepenuhnya bagaimana RFID boleh meningkatkan kecekapan dan keselamatan di tapak pembinaan (Opoku *et al.*, 2023).

*“Merancang untuk menyediakan program latihan komprehensif serta sesi maklum balas secara berkala agar pekerja dapat menyuarakan kebimbangan mereka. Dengan pendekatan ini, kami berharap dapat membina keyakinan dan penerimaan terhadap sistem baru ini.” (R1)*

Seterusnya, R1 dan R2 menyatakan bahawa keselamatan data bukan cabaran utama kerana RFID mempunyai barcode yang unik dan ia bergantung kepada sistem yang dikawalinya. Sebaliknya, R3, R4 dan R5 berpendapat bahawa keselamatan data adalah cabaran utama kerana RFID boleh terdedah kepada ancaman seperti penggodaman dan pencurian data melalui peranti bacaan tidak sah.

*“Rasanya tidak. RFID menggunakan barcode yang unik atau lebih tepatnya nombor pengenalan unik (UID) yang*

disimpan dalam tag RFID. UID ini berfungsi sebagai kunci untuk mengenal pasti item tertentu dalam system.” (R2)

“RFID terdedah kepada ancaman seperti penggodaman dan pencurian data melalui peranti bacaan tidak sah. Untuk penyelesaian ia menggunakan teknik penyulitan, kawalan akses, dan peralatan perlindungan frekuensi.” (R3, R4, R5)

**Jadual 6 Cabaran Penggunaan Teknologi RFID**

No	Cabaran Penggunaan Teknologi RFID	R1	R2	R3	R4	R5
1.	Kos Perlaksanaan	/	/	/	/	/
2.	Penglibatan Pihak Berkepentingan	/	/	/	/	/
3.	Sokongan Organisasi		/	/	/	/
4.	Keselamatan Data			/	/	/
5.	Penerimaan Teknologi	/	/	/	/	/

### 4.3 Faktor yang mempengaruhi keberkesanan penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina

Berdasarkan Jadual 7, terdapat 4 faktor utama yang mempengaruhi keberkesanan penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina, iaitu latihan dan pengetahuan, permintaan, faktor teknikal, dan integrasi dengan teknologi lain. Semua responden dalam kajian ini bersetuju dengan empat faktor tersebut. Namun, hanya responden R2 yang tidak bersetuju bahawa ketidakmatangan teknologi RFID merupakan faktor utama yang mempengaruhi keberkesanan penggunaan teknologi ini dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina.

Kekurangan pusat latihan dan program pendidikan formal mengenai teknologi RFID menyebabkan pekerja pembinaan tidak mempunyai pengetahuan yang mencukupi untuk mengendalikan dan menguruskan sistem RFID dengan berkesan. Kajian menunjukkan bahawa kekurangan pusat latihan adalah salah satu faktor utama dalam penerapan teknologi RFID (Dosumu *et al.*, 2023). Menurut kesemua responden menyatakan latihan dan pengetahuan merupakan faktor utama yang mempengaruhi keberkesanan penggunaan teknologi RFID kerana teknologi RFID perlu latihan yang komprehensif dan menggunakan cara yang betul untuk menggunakan RFID. Di bawah adalah kenyataan daripada responden.

“Pekerja perlu memahami asas RFID, seperti cara membaca data dari tag dan menggunakan pembaca RFID. Pekerja juga perlu diberi latihan dalam penyelesaian masalah asas, penggunaan perisian pengurusan data, dan penyelenggaraan peralatan.” (R5)

Seterusnya, permintaan terhadap RFID turut dikenal pasti sebagai faktor utama yang mempengaruhi penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina. Kesemua responden bersetuju bahawa kos pelaksanaan RFID yang tinggi merupakan halangan utama untuk menggunakan teknologi dalam syarikat. Kesemua responden menyatakan bahawa kos RFID memang mahal. Kos yang tinggi ini menyebabkan banyak syarikat pembinaan tidak melabur dalam teknologi RFID kerana mereka tidak melihat pulangan pelaburan yang jelas (Oke *et al.*, 2023). Di bawah adalah kenyataan daripada responden.

“Kos pelaksanaan memang boleh menjadi salah satu halangan utama bagi sesetengah syarikat, terutama dalam fasa awal pelaksanaan. Kos seperti tag RFID, pembaca, dan infrastruktur sokongan seperti perisian middleware dan latihan untuk pekerja boleh meningkat.” (R1)

Di samping itu, faktor teknikal turut menjadi faktor utama kerana ia mempengaruhi kejayaan penggunaan RFID. Persekitaran tapak bina yang penuh dengan logam, kelembapan, habuk, dan halangan fizikal boleh menyebabkan gangguan isyarat RFID, menjejaskan ketepatan pengesanan dan pelokalisasi (Valero & Adán, 2016). Kesemua responden bersetuju bahawa faktor teknikal adalah faktor yang mempengaruhi penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina adalah disebabkan masalah gangguan isyarat. Di bawah adalah kenyataan daripada responden.

“Lemparan isyarat RFID ke udara boleh menjejaskan prestasinya jika udara terlalu lembap atau terdapat cecair di sekelilingnya.” (R2)

Integrasi dengan teknologi lain dikenal pasti sebagai faktor utama dalam penggunaan RFID untuk pengawalan keselamatan bahan binaan. Semua responden bersetuju bahawa ia meningkatkan efisiensi, pemantauan, dan pengambilan keputusan. Menggabungkan RFID dengan teknologi seperti BIM, GPS, AR, dan

dron dapat mengurangi risiko keselamatan dalam projek bangunan bertingkat tinggi (Manzoor *et al.*, 2021). Di bawah adalah kenyataan daripada responden.

*"Integrasi teknologi RFID dengan sistem perancangan sumber perusahaan (ERP), pengurusan projek, dan peralatan pemantauan adalah penting untuk meningkatkan efisiensi, memudahkan pemantauan, serta pengambilan keputusan yang lebih efektif. (R2)*

**Jadual 7 Faktor yang Mempengaruhi Keberkesanaan Penggunaan Teknologi RFID**

No	Faktor yang mempengaruhi keberkesanaan Penggunaan Teknologi RFID	R1	R2	R3	R4	R5
1.	Ketidakmatangan Teknologi RFID	/		/	/	/
2.	Latihan Dan Pengetahuan	/	/	/	/	/
3.	Permintaan	/	/	/	/	/
4.	Faktor Teknikal	/	/	/	/	/
5.	Integrasi Dengan Teknologi Lain	/	/	/	/	/

#### 4.4 Langkah-langkah untuk meningkatkan keberkesanaan penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina

Berdasarkan Jadual 8, dua langkah utama untuk meningkatkan keberkesanan penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan, iaitu hala tuju RFID dan peningkatan kesedaran serta latihan, yang disetujui oleh semua responden. Hanya responden R1, R3, R4, dan R5 yang bersetuju bahawa dasar kerajaan adalah langkah utama, manakala responden R1, R2, R4, dan R5 bersetuju dengan program pembangunan dan penyelidikan. Responden R1, R2, R3, dan R5 juga bersetuju bahawa kemudahan penggunaan RFID adalah langkah utama.

Hala tuju adalah aspek penting dalam strategi pembangunan, terutamanya dalam konteks teknologi dan inovasi, yang menekankan pemahaman dan penggunaan teknologi untuk memacu pertumbuhan dan keberkesanan. Semua responden dalam kajian ini bersetuju bahawa hala tuju RFID adalah langkah utama untuk meningkatkan keberkesanan penggunaannya. Mereka menyatakan bahawa fokus terhadap inovasi dan penyelidikan adalah penting untuk memastikan teknologi RFID tetap relevan dan tidak ketinggalan zaman. Di bawah adalah kenyataan daripada responden.

*"Fokus diberikan kepada inovasi dan penyelidikan bagi memastikan teknologi yang digunakan sentiasa relevan dan tidak ketinggalan zaman, dengan pelan yang dirangka untuk tempoh lima hingga sepuluh tahun akan datang." (R4)*

Seterusnya, meningkatkan kesedaran dan latihan turut dikenal pasti sebagai langkah utama untuk meningkatkan keberkesanan penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina. Menurut Hazirizan *et al.* (2023) kebanyakan pekerja tidak memahami cara menggunakan teknologi ini dengan berkesan. Kesemua responden bersetuju bahawa meningkatkan kesedaran dan latihan dapat memastikan pemahaman tentang cara teknologi RFID berfungsi dan manfaatnya.

*"Langkah asas adalah memastikan pemahaman tentang cara teknologi RFID berfungsi dan manfaatnya. Seterusnya, latihan praktikal disediakan untuk memastikan peralatan dapat digunakan dengan betul. Sesi lanjutan turut diadakan untuk melatih analisis data RFID bagi meningkatkan keberkesanan penggunaannya." (R4)*

Di samping itu, hanya responden R1, R3, R4 dan R5 sahaja yang bersetuju dengan dasar kerajaan merupakan langkah utama untuk meningkatkan keberkesanan penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina. Pelepasan cukai dan subsidi pelaksanaan teknologi RFID boleh diberikan kepada syarikat-syarikat yang mengambil langkah untuk melaksanakan sistem RFID (Ang *et al.*, 2016). Di bawah adalah kenyataan daripada responden.

*"Pelepasan cukai dan subsidi boleh mengurangkan kos pelaksanaan teknologi RFID, terutamanya untuk organisasi kecil dan sederhana. Dengan insentif kewangan ini, organisasi dapat melabur dalam peralatan dan latihan yang diperlukan tanpa terlalu membebankan bajet mereka. Ini akan mempercepatkan penerimaan teknologi ini." (R3)*

Selain itu, hanya responden R1, R2, R4 dan R5 yang bersetuju dengan program pembangunan dan penyelidikan merupakan langkah utama untuk meningkatkan keberkesanan penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina. Kajian lepas menunjukkan bahawa RFID telah digunakan

secara meluas dalam industri pembinaan selama dua dekad terakhir, terutama dalam pengawalan proses pada pelbagai tahap siklus hidup bangunan, dari konsepsi hingga penghunian (Velero *et al.*, 2015).

*“Terlibat dalam program pembangunan dan penyelidikan berkaitan penggunaan teknologi RFID, usaha berterusan dilakukan untuk meningkatkan aplikasinya dalam pelbagai sektor, termasuk pembinaan. Penyelidikan penyelidikan dijalankan untuk mempertingkatkan keupayaan teknologi RFID, termasuk kebolehppercayaan tag, jarak bacaan, dan keserasian dengan sistem lain dalam industri pembinaan.” (R2)*

Seterusnya, hanya responden R1, R2, R3 dan R5 yang bersetuju dengan kemudahan menggunakan RFID adalah langkah utama untuk meningkatkan keberkesanaan penggunaan teknologi RFID dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina. Pengguna cenderung untuk menggunakan teknologi lebih kerap apabila ia boleh menjadikan aktiviti harian mereka lebih mudah terutamanya apabila ia membantu mereka menjalankan aktiviti harian mereka dengan lebih mahir (Samsuddin *et al.*, 2020).

*“Peralatan RFID yang mudah digunakan disediakan dengan antara muka intuitif dan latihan yang jelas untuk pengguna. Selain itu, perisian mesra pengguna membolehkan pekerja pembinaan mengakses data dengan cepat dan mudah, tanpa memerlukan pengetahuan teknikal yang mendalam.” (R2)*

**Jadual 8 Langkah Untuk Meningkatkan Keberkesanaan Penggunaan Teknologi RFID**

No	Langkah Untuk Meningkatkan Keberkesanaan Penggunaan Teknologi RFID	R1	R2	R3	R4	R5
1.	Dasar Kerajaan	/		/	/	/
2.	Hala Tuju RFID	/	/	/	/	/
3.	Meningkatkan Kesedaran Dan Latihan	/	/	/	/	/
4.	Program Pembangunan Dan Penyelidikan	/	/		/	/
5.	Kemudahan Menggunakan RFID	/	/	/		/

## 5. Kesimpulan

Secara keseluruhannya, kajian ini telah berjaya mencapai objektifnya dan mendapat jawapan kepada persoalan kajian. Hasil dapatan mendapati masalah yang dihadapi oleh semua responden apabila menggunakan teknologi RFID. Kos pelaksanaan, penglibatan pihak berkepentingan, sokongan organisasi, keselamatan data dan penerimaan teknologi adalah isu utama yang semua responden bersetuju. Seteusnya, dapat dirumuskan bahawa setiap responden mengalami faktor dari segi ketidakmatangan teknologi RFID, latihan dan pengetahuan, permintaan, faktor teknikal, dan integrasi dengan teknologi lain. Selain itu, langkah-langkah dari segi dasar kerajaan, hala tuju RFID, meningkatkan kesedaran dan latihan, program pembangunan dan penyelidikan, dan kemudahan menggunakan RFID adalah penting. Dalam kajian ini juga menunjukkan isu yang timbul apabila menggunakan teknologi RFID untuk mengawal keselamatan bahan binaan di tapak bina, dan ia memberikan pandangan yang berguna tentang cara menangani isu-isu ini. Oleh itu, kajian ini membantu pihak berkepentingan menangani isu penggunaan RFID. Untuk meningkatkan penggunaan teknologi RFID di Malaysia, kerjasama yang lebih erat antara semua pihak yang terlibat, penyedia teknologi, dan industri pembinaan perlu diperkukuh dari semasa ke semasa.

## Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan serta 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:** Tay Chen Chong, Narimah Kasim; **pengumpulan data:** Tay Chen Chong; **analisis dan interpretasi hasil:** Tay Chen Chong, Narimah Kasim; **penyediaan draf manuskrip:** Tay Chen Chong, Narimah Kasim. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.*

## Rujukan

Adeyinka, B. F., Jagboro, G.O., Ojo, G. K. & Odediran (2014). An Assessment Of Construction Professionals' Level Of Compliance with Ethical Standards In The Nigerian Construction Industry. *Journal of Construction Project Management and Innovation*, 4(1), 863-881

- [https://www.researchgate.net/publication/282247843\\_AN\\_ASSESSMENT\\_OF\\_CONSTRUCTION\\_PROFESSIONAL\\_S\\_LEVEL\\_OF\\_COMPLIANCE\\_TO\\_ETHICAL\\_STANDARDS\\_IN\\_THE\\_NIGERIAN\\_CONSTRUCTION\\_INDUSTRY](https://www.researchgate.net/publication/282247843_AN_ASSESSMENT_OF_CONSTRUCTION_PROFESSIONAL_S_LEVEL_OF_COMPLIANCE_TO_ETHICAL_STANDARDS_IN_THE_NIGERIAN_CONSTRUCTION_INDUSTRY)
- Adzhar, N. S. J., Kasim, N., Ariffin, A. H., & Shapiyai, M. F. (2023, May 29). *Kajian Aplikasi Dron dalam Pengawasan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina*. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rmtb/article/view/11571>
- Albert, I., Shakantu, W. & Ibrahim (2018). Impact of materials management practices in the Nigerian building construction industry. *Journal of Construction Project Management and Innovation*, 8(1), 3-4 <https://journals.co.za/doi/abs/10.10520/EJC-10a4fa1750>
- Ang, P. S. E., Kasim, N., Goh, K. C. (2016). Drivers to Enhance ICT Uptake in IBS Management Processes in the Construction Industry. *MATEC Web of Conference*, 47, 4. Retrieved from <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164704016>
- Apuke, O. D. (2017). Quantitative research methods: A synopsis approach. *Kuwait Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review*, 33(5471), 1-8.
- Asapuri, C., & Payghan, V. R. (2022). A Review of Factors Affecting Material Management in the Construction Industry. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 9(4), 2599-2608.
- Bazergan, A., Duyo, R. A., Atriyani, A., & Novita, N. (2021, October 26). Alat Peraga Pendidikan bagi Anak Usia Dini Menggunakan Radio Frequency Identification (RFID). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*. 219- 222. <https://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/sntei/article/view/2905>
- Cai, S., Li, Y., Ma, C., Chow, S. S. M., & Deng, R. H. (2022). Prove You Owned Me: One Step beyond RFID Tag/Mutual Authentication. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2210.10244>
- Chen, X. W., & Aini, O. N. (2020). Barriers to RFID adoption in Material Management of the Construction Industry: The perception of the Project Manager. *International Conference on Innovation and Technopreneurship 2020*. <http://eprints.intimal.edu.my/1416/>
- Damanik, I. S., & Irawan, E. (2021). Analysis of Integrated Lecturing Event Recording System Based on Radio Frequency Identification (RFID) with Rapid Application Development (RAD) Model. *Advances in Engineering Research/Advances in Engineering Research*. <https://doi.org/10.2991/aer.k.210810.043>
- Dosumu, O. S., Mahame, C., Niyitegeka, S. & Haahiiruwambaza, J. A. (2018). Applications and Challenges of Adopting the Internet of Things (IoT) in the Rwandan Construction Industry. *Journal of Construction in Developing Countries*, 28(2), 81–100, [http://web.usm.my/jcdc/vol28\\_2\\_2023/jcdc2023.28.2.5.pdf](http://web.usm.my/jcdc/vol28_2_2023/jcdc2023.28.2.5.pdf)
- 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>
- Gorabal, J., & Manjaiah, D. (2013). *INTERNATIONAL JOURNAL OF GRAPHICS AND MULTIMEDIA (IJGM)*. <https://www.semanticscholar.org/paper/INTERNATIONAL-JOURNAL-OF-GRAPHICS-AND-MULTIMEDIA-Gorabal-Manjaiah/0062d502d03470791e5e7244824955bfaf03ea2c>
- Hairizan, M. a. H., Kasim, N., Musa, S. M. S., Noh, H. M., & Dodo, M. (2023). *RFID implementation for material safety at the storage area in the construction site*. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rmtb/article/view/11569>
- Hamadneh, S., Keskin, E., Alshurideh, M., Al-Masri, Y., & Kurdi, B. (2021). *The benefits and challenges of RFID technology implementation in supply chain: A case study from the Turkish construction sector*. 9(4), 1071-1080 <http://growingscience.com/beta/uscm/5334-samer-hamadneh-elif-keskin-muhammad-alshurideh-yazeed-al-masri-and-barween-kurdi.html>
- Harris, F., & McCaffer, R. (2013). *Modern construction management*. John Wiley & Sons
- Herdansyah, F. (2022). *Implementasi Smart Attendance Di Politeknik Negeri Sriwijaya - Polsri Repository*. (n.d.). <http://eprints.polsri.ac.id/12898/>
- Hernández-Orallo, E., Armero-Martínez, A., Calafate, C. T., & Manzoni, P. (2023). Analysis and evaluation of tracker tag efficiency. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2023, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2023/2880229>
- Huzaini, N. B. (2019). Penggunaan teknologi jimat kos, masa sektor binaan. *Berita Harian*. <https://www.bharian.com.my/bisnes/hartanah/2019/08/596096/penggunaan-teknologi-jimat-kos-masa-sektor-binaan>
- Iacovidou, E., Purnell, P., & Lim, M. K. (2018). The use of smart technologies in enabling construction components reuse: A viable method or a problem-creating solution? *Journal of Environmental Management*, 216, 214–223. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.093>
- Idris N, Abdul AS. (2018). Pembangunan Komik STEM Tahun Satu untuk matapelajaran Sains dan Matematik. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 8(2), 86–96.
- Jensen, M. (2014). *Lean Waste Stream: Reducing Material Use and Garbage Using Lean Principles*. CRC Press.
- Kabir, S. M. S. (2016). *Basic Guidelines For Research: An Introductory Approach For All Disciplines*

[https://www.researchgate.net/publication/325390597\\_BASIC\\_GUIDELINES\\_FOR\\_RESEARCH\\_An\\_Introductory\\_Approach\\_for\\_All\\_Disciplines](https://www.researchgate.net/publication/325390597_BASIC_GUIDELINES_FOR_RESEARCH_An_Introductory_Approach_for_All_Disciplines)

- Kasim, N., Sarpin, N., Noh, H. M., Zainal, R., Mohamed, S., Manap, N., & Yahya, M. Y. (2019). Automatic materials tracking practices through RFID implementation in construction projects. *MATEC Web of Conferences*, 266, 05001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926605001>
- Kasim, N., Shamsuddin, A., Zainal, R., & Kamarudin, N. C. (2012). Implementation of RFID technology for real-time materials tracking process in construction projects. *IEEE Colloquium on Humanities, Science & Engineering Research*. <https://doi.org/10.1109/chuser.2012.6504402>
- López, Y. Á., Franssen, J., Narciandi, G. Á., Pagnozzi, J., Arrillaga, I. G., & Andrés, F. L. (2018). RFID technology for management and tracking: e-Health applications. *Sensors*, 18(8), 2663. <https://doi.org/10.3390/s18082663>
- Lu, W., Huang, G. Q., & Li, H. (2011). Scenarios for applying RFID technology in construction project management. *Automation in Construction*, 20(2), pp 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.007>
- Mahamud, W. N. W., Kasim, N., Zainal, R., Musa, S. M. S., & Noh, H. M. (2021). *Kajian Penggunaan Teknologi Pengesanan Kemalangan bagi Pengurusan Keselamatan di Tapak Bina*. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rmtb/article/view/1865>
- Mallawakkang, M. N. (2020) *Atm beras dengan sistem aktivasi rfid tugas akhir*. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar [http://repository.unhas.ac.id/201/2/D41115503\\_skripsi\\_12-11-2020%28FILEminimizer%29\\_1-2.pdf](http://repository.unhas.ac.id/201/2/D41115503_skripsi_12-11-2020%28FILEminimizer%29_1-2.pdf)
- Manzoor, B., Othman, I., Pomares, J. C., & Chong, H. (2021). A Research Framework of Mitigating Construction Accidents in High-Rise Building Projects via Integrating Building Information Modeling with Emerging Digital Technologies. *Applied Sciences*, 11(18), 8359. <https://doi.org/10.3390/app11188359>
- Masrom, M. A. N., Mohamed, S., Chen, G. K., & Sarpin, N. (2021, June 12). *Impak daripada kelewatan pelaksanaan projek Kerajaan: Perspektif Kontraktor Gred 7*. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rmtb/article/view/2069>
- Morse, B. (2021). *6 Benefits of Construction Material Management*. Dicapai pada 19 March 2024, from [https://tread.io/blog/6-key-benefits-of-construction-material-management?hs\\_amp=true%20unpublished](https://tread.io/blog/6-key-benefits-of-construction-material-management?hs_amp=true%20unpublished)
- Oke, A. E., Kineber, A. F., Akindele, O., & Ekundayo, D. (2023). Determining the stationary barriers to the implementation of radio frequency identification (RFID) technology in an emerging construction industry. *Journal of Engineering, Design and Technology*. <https://doi.org/10.1108/jedt-07-2022-0348>
- Opoku, D. J., Perera, S., Osei-Kyei, R., Rashidi, M., Bamdad, K., & Famakinwa, T. (2023). Barriers to the adoption of digital twin in the construction industry: A literature review. *Informatics*, 10(1), pp14. <https://doi.org/10.3390/informatics10010014>
- Rahman, M. S. (2016). The Advantages and Disadvantages of using qualitative and quantitative approaches and methods in language “Testing and Assessment” research: A literature review. *Journal of Education and Learning*, 6(1), 102. <https://doi.org/10.5539/jel.v6n1p102>
- Rasheed, A. S., Booth, C. A., & Horry, R. E. (2023). Stakeholder perceptions of the benefits and barriers of implementing environmental management systems in the Maldivian construction industry. *Journal of Housing and the Built Environment*, 38(4), pp 2821–2850. <https://doi.org/10.1007/s10901-023-10067-5>
- Rashid, H., & Yusoff, N. (2017). Sistem Keselamatan Pintu Menggunakan RFID Dan Pengawal Mikro Arduino. *Proceedings of the Malaysia TVET on Research via Exposition*. Politeknik Kota Bharu, 138-147. <http://apps2.psmza.edu.my/matrix/e proceeding/papers/13.pdf>
- Richer, M. (2021). Why contractors are slower to adopt new technology and why they shouldn't be. *Construction Executive*. Retrieve from <https://www.constructionexec.com/article/why-contractors-are-slower-to-adopt-new-technology-and-why-they-shouldnt-be> unpublished
- Ruslin, R., Mashuri, S., Rasak, M. S. A., Alhabsyi, F., & Syam, H. (2022). Semi-structured Interview: A methodological reflection on the development of a qualitative research instrument in educational studies. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*, 12(1), 22-29. [https://www.researchgate.net/publication/358906376\\_Semi-structured\\_Interview\\_A\\_Methodological\\_Reflection\\_on\\_the\\_Development\\_of\\_a\\_Qualitative\\_Research\\_Instrument\\_in\\_Educational\\_Studies\\_Ruslin](https://www.researchgate.net/publication/358906376_Semi-structured_Interview_A_Methodological_Reflection_on_the_Development_of_a_Qualitative_Research_Instrument_in_Educational_Studies_Ruslin)
- Samsuddin, S. N., Chandrashekar, R., & Salahudin, S. N. (2020). *Penerimaan Teknologi Radio-Frequency Identification (RFID) di Plaza Tol dalam Kalangan Pengguna Jalanraya di Lembah Klang*. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rmtb/article/view/591>
- Su, X. (2024). Application analysis of RFID in supply chain Management. *Highlights in Business, Economics and Management*, 24, 122–128. <https://doi.org/10.54097/6n9wcb50>
- Tanko, B. L., Abdullah, F & Ramly, M. Z. (2016). Stakeholders' Assessment of Constraints to Project Delivery in the Nigerian Construction Industry. *Journal of Built Environment and Sustainability*, 4(1), 56-62 <https://ijbes.utm.my/index.php/ijbes/article/view/160/93>

- Thomas. (2023). RFID Use for Supply Chain: Benefits, Uses, and Future Trends  
<https://my.syntekrfid.net/info/application-of-rfid-in-asset-management-87655448.html>
- Valero, E., Adán, A., & Cerrada, C. (2015). Evolution of RFID Applications in Construction: A Literature review. *Sensors*, 15(7), 15988–16008. <https://doi.org/10.3390/s150715988>
- Valero, E., & Adán, A. (2016). Integration of RFID with other technologies in construction. *Measurement*, 94, 614–620. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.08.037>
- Van Ewijk, S., & Stegemann, J. A. (2016). Limitations of the waste hierarchy for achieving absolute reductions in material throughput. *Journal of Cleaner Production*, 132, 122-128.
- 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>
- Wayrah, M. Y., Sarpin, N., Mohamed, S., & Masrom, M. A. N. (2021). *The impact of material management on construction project delivery in Somalia*. <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/jtmb/article/view/9313>
- Yahya, M. Y. B., Hui, Y. L., Yassin, A. B. M., Omar, R., Robin, R. O. A., & Kasim, N. (2019). The challenges of the implementation of construction robotics technologies in construction. *MATEC Web of Conferences*, 266, 05012. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201926605012>
- Zhang, Y., & Wang, Z. (2018). Optimal RFID deployment in a multiple-stage production system under inventory inaccuracy and robust control policy. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(6), 3230–3242. 10.1109/TII.2018.2878638.
- Zhu, L., Wang, X., Yang, Y., Xu, S., Wu, X., Zhao, W., & Feng, H. (2020). *EPC-Based efficient tag selection in RFID systems*. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8968410>