

## Penggunaan Teknologi IoT (*Internet of Things*) Membantu untuk Meningkatkan Keselamatan di Tapak Pembinaan

### *The Use of IoT (Internet of Things) Technology Helps to Improve Safety at Construction Sites*

Muhamad Fithri Mohd Azam<sup>1</sup>, Zailawati Khalid<sup>1\*</sup>, Goh Kai Chen<sup>1</sup>, Haryati Shafii<sup>1</sup>, Puteri Sidrotul Nabihah Saarani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Construction Management, Faculty of Technology Management and Business, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), 86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia.

<sup>2</sup> Department of Built Environment Studies and Technology, Faculty of Built Environment, Universiti Teknologi MARA, Seri Iskandar Campus, 32810, Malaysia.

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

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2025.06.02.060>

#### Maklumat Artikel

Diserah: 30 September 2025

Diterima: 1 November 2025

Diterbitkan: 1 Disember 2025

#### Kata Kunci

Teknologi IoT, kesan, keselamatan, tapak pembinaan, jenis teknologi

#### Abstrak

Keselamatan di tapak bina sering menghadapi cabaran akibat kekurangan pengetahuan mengenai peralatan pelindung diri dan kegagalan teknikal pada sensor IoT. Masalah seperti gangguan isyarat real-time (pemantauan masa nyata), ketidakelesaian alat pemantauan, dan keselamatan siber menyebabkan risiko kecederaan, keracunan, atau kematian meningkat di kalangan pekerja. Kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti jenis teknologi Internet of Things (IoT) yang sesuai untuk meningkatkan keselamatan pekerja di tapak bina, menilai kesan penggunaan pendekatan IoT kepada pekerja untuk meningkatkan keselamatan pekerja di tapak pembinaan, dan mencadangkan strategi agar penggunaan IoT dapat dipertingkatkan penggunaan di tapak pembinaan bagi membantu meningkatkan keselamatan pekerja. Kajian ini memberi tumpuan kepada kontraktor G7 di negeri Johor. Metodologi kajian melibatkan edaran borang soal selidik secara atas talian kepada 260 responden dan maklumbalas responden yang diterima adalah 171 iaitu 65.8%. Data dianalisis menggunakan kaedah statistik deskriptif seperti nilai min, peratusan, dan sistem kedudukan. Dapatan menunjukkan bahawa dron dan kamera pintar adalah teknologi paling berkesan dalam memantau kawasan berisiko tinggi, diikuti oleh penggunaan RFID untuk mengurangkan risiko kecurian bahan. Hasil analisis mendapati bahawa IoT memberikan impak positif melalui amaran masa nyata, meningkatkan pemantauan penggunaan peralatan pelindung diri (PPE), dan meningkatkan rasa selamat pekerja. Responden mencadangkan integrasi data IoT ke dalam sistem pengurusan keselamatan dan pelaburan dalam teknologi IoT sebagai strategi utama. Kajian ini membuktikan bahawa IoT dapat meningkatkan keselamatan pekerja secara signifikan, terutamanya dengan

pelaksanaan strategi yang berkesan untuk mengatasi cabaran kos dan teknikal.

### Keywords

*IoT technology, effect, safety, construction site, types of technology*

### Abstract

*Safety on construction sites is often challenged by a lack of knowledge about personal protective equipment and technical failures in IoT sensors. Issues such as real-time signal interference (real-time monitoring), discomfort with monitoring devices, and cybersecurity increase the risk of injury, poisoning, or death among workers. This study aims to identify the types of Internets of Things (IoT) technologies that are suitable for improving worker safety on construction sites, assess the impact of using IoT approaches on workers to improve worker safety on construction sites, and propose strategies for increasing the use of IoT on construction sites to help improve worker safety. This study focused on G7 contractors in the state of Johor. The study methodology involved distributing an online questionnaire to 260 respondents and the response rate received was 171, which is 65.8%. The data was analyzed using descriptive statistical methods such as mean value, percentage, and ranking system. The findings showed that drones and smart cameras were the most effective technologies in monitoring high-risk areas, followed by the use of RFID to reduce the risk of material theft. The analysis found that IoT has a positive impact through real-time alerts, improved monitoring of the use of personal protective equipment (PPE), and increased worker safety. Respondents suggested integrating IoT data into safety management systems and investing in IoT technology as key strategies. This study proves that IoT can significantly improve worker safety, especially with the implementation of effective strategies to overcome cost and technical challenges.*

## 1. Pengenalan

Projek pembinaan sering mengalami peningkatan kos dan masa akibat ciri-ciri kompleks dan proses membuat keputusan yang tidak tepat. Dapatan kajian menunjukkan terdapat 10 jenis teknologi pemantauan masa nyata berasaskan IoT yang digunakan dalam pelbagai bidang termasuk mesin dan peralatan, bahan, buruh, urutan projek, pengurusan sisa, pengurusan risiko, produktiviti dan kualiti kerja, kawalan kos, dan perlindungan alam sekitar (Nur Syaimasyaza Mansor, 2023). IoT dikenal pasti sebagai cara yang efektif untuk meramal prestasi masa depan dan mencegah peristiwa berisiko, namun, pelaksanaannya untuk melindungi pekerja dan meningkatkan keselamatan mereka masih terhad (Sulbaran, 2021).

Kini, dunia beranjak kepada revolusi industri 4.0 di mana Internet Saling Berhubung (IoT) menjadi asas industri baru ini (Schwab, 2016). Model keselamatan inovatif berasaskan IoT direka untuk menyediakan pemantauan kakitangan dan persekitaran tapak pembinaan, mengurangkan kadar kemalangan, dan menyimpan data digital untuk memperbaiki latihan dan sistem masa depan (William Chung, 2020). Dalam era industri 4.0, aspek keselamatan dan privasi menjadi kebimbangan utama (Keivani, 2022). Walaupun terdapat peningkatan dalam automasi industri pembinaan menggunakan teknologi IoT, terdapat juga halangan terhadap penggunaannya (Amir Mahdiyar, 2022).

Keselamatan di tapak bina adalah aspek kritikal kerana pekerja sering terdedah kepada bahaya seperti kejatuhan objek, kegagalan peralatan, dan bahan berbahaya. Penggunaan teknologi IoT di tapak bina melibatkan pelbagai jenis teknologi termasuk, alat boleh pakai (wearables), sistem pengesanan lokasi secara real-time (RTLS), dan analitik data. Setiap teknologi ini mempunyai impak yang signifikan dalam pemantauan dan pengurusan keselamatan pekerja (Lekan, 2022). Kegagalan ini boleh menyebabkan pekerja terdedah kepada bahaya tanpa amaran awal, meningkatkan risiko keracunan atau penyakit berkaitan pekerjaan (Perera, 2015). Ketidakselesaian alat ini juga boleh mengganggu pergerakan pekerja, meningkatkan risiko kemalangan (Choi, 2017).

Kajian ini dijalankan untuk mencapai objektif tertentu, iaitu untuk mengenalpasti jenis teknologi IoT yang sesuai digunakan untuk meningkatkan keselamatan pekerja binaan di tapak pembinaan, mengkaji kesan

penggunaan pendekatan IoT kepada pekerja untuk meningkatkan keselamatan pekerja di tapak pembinaan dan untuk mencadangkan strategi agar penggunaan IoT dapat dipertingkatkan penggunaan di tapak pembinaan bagi membantu meningkatkan keselamatan pekerja. Kajian ini dijalankan di negeri Johor. Skop kajian merangkumi aspek utama iaitu kajian ini berpusat di sekitar negeri Johor kerana negeri ini terlibat dalam projek infrastruktur berskala besar yang meningkatkan aktiviti pembinaan. Contohnya, Projek Sistem Transit Rapid (RTS) Johor-Singapura yang menghubungkan Johor Bahru dengan Singapura, bertujuan meningkatkan kesalinghubungan dan merencanakan integrasi ekonomi serantau (CIDB, 2023). Responden yang terlibat dalam kajian ini adalah kontraktor G7 yang terlibat secara langsung di tapak binaan sekitar negeri Johor kerana dalam kajian ini hanya berfokuskan kepada kontraktor yang mempunyai banyak pengalaman dan terlibat secara langsung di tapak pembinaan.

## 2. Kajian Literatur

Penggunaan IoT di tapak bina meningkatkan tahap keselamatan dengan ketara melalui peranti seperti penerima dan penggerak yang dipasang pada peralatan dan struktur binaan. Peranti ini memantau keadaan persekitaran dan operasi secara real-time, mengesan perubahan dalam getaran bangunan, suhu, tekanan, dan kehadiran bahan berbahaya. Maklumat ini dihantar melalui rangkaian untuk dianalisis, membolehkan pengurus tapak mengambil tindakan segera untuk mencegah kemalangan, mewujudkan persekitaran kerja yang lebih selamat, teratur, dan terkawal, yang penting untuk projek pembinaan besar. Penggunaan IoT di tapak pembinaan membantu mewujudkan persekitaran kerja yang lebih selamat, teratur, dan terkawal, yang sangat penting untuk projek pembinaan besar (Chen, 2023).

### 2.1 Definisi

#### 2.1.1 Definisi Penggunaan Teknologi

Pendekatan pragmatik bergantung pada prinsip dan norma etika untuk menjana panduan dan dasar khusus untuk penggunaan teknologi. Pendekatan metafizik menggesa kita untuk mengkaji lebih mendalam tentang sifat manusia, niat, matlamat, nilai-nilai ideal dan hubungan sosial apabila mempertimbangkan penggunaan teknologi (Pustovit, 2010).

#### 2.1.2 Definisi Internet of Things (IoT)

Internet Saling Berhubung (IoT) adalah rangkaian maklumat global yang dinamik yang terdiri daripada objek yang disambungkan ke Internet, seperti pengenalan frekuensi radio (RFID), penerima, penggerak, serta instrumen lain dan perkakas pintar yang semakin menjadi komponen penting Internet masa depan (Perera, 2015).

#### 2.1.3 Definisi Meningkatkan Keselamatan

Keselamatan di tapak bina melibatkan pelaksanaan langkah-langkah dan strategi untuk melindungi pekerja dari risiko dan bahaya dalam kerja pembinaan. Budaya keselamatan mencerminkan norma tempat kerja yang penting untuk penjagaan berkualiti tinggi, dan penambahbaikan dalamnya berkaitan dengan hasil operasi dan klinikal yang lebih baik. Ini membantu mengenal pasti kekuatan dan kelemahan dalam langkah-langkah keselamatan yang sedia ada (Ravi, 2020).

#### 2.1.4 Definisi Tapak Pembinaan

Tapak bangunan, secara umumnya, merujuk kepada kawasan di mana pembinaan bangunan akan berlaku, dengan pertimbangan terhadap faktor seperti akses solar, perlindungan/eksposisi angin, dan keadaan suhu tempatan. Reka bentuk iklim tapak merupakan langkah awal dalam merancang bangunan yang mampan. Konsep "Tapak Bangunan" bertujuan untuk menggalakkan pendekatan baharu ke tapak bangunan dalam pendidikan seni bina (Hyde, 2021).

## 2.2 Jenis Teknologi IoT yang Sesuai Digunakan untuk Meningkatkan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina

Teknologi Internet of Things (IoT) yang sesuai digunakan untuk meningkatkan keselamatan pekerja di tapak bina yang merangkumi pelbagai jenis peranti dan sistem yang dapat memantau keadaan persekitaran serta status keselamatan pekerja secara pemantauan masa nyata (*real-time monitoring*).

### 2.2.1 Pengenalan IoT dalam Aspek Keselamatan di Tapak Pembinaan

Penggunaan Internet Saling Berhubung (IoT) di tapak pembinaan mempunyai potensi besar untuk meningkatkan keselamatan dengan membolehkan pengumpulan data secara automatik melalui peranti penerima yang dipasang pada pelbagai mesin dan peralatan. Data ini, termasuk getaran, suhu, dan keadaan sekitar, dihantar melalui rangkaian sambungan epada pusat kawalan, memungkinkan tindakan pencegahan diambil sebelum kemalangan berlaku (Assan, 2018). 2.2.2 Jenis-jenis teknologi IoT yang digunakan.

### 2.2.1.1 Dron

Dengan adanya peranti IoT seperti dron dan penerima, keadaan di tapak pembinaan dapat dipantau secara berterusan dan lebih menyeluruh. Dron yang dilengkapi dengan kamera dan penerima boleh terbang di sekitar tapak binaan untuk mengesan bahaya seperti struktur yang tidak stabil atau kehadiran bahan berbahaya, serta memberikan maklumat masa nyata (real-time) kepada pengurus tapak (Kumar, 2021).

### 2.2.1.2 Radio Frequency Identification (RFID)

Dengan bantuan tag RFID, sebarang kecurian bahan atau barangan mudah diselesaikan oleh kerana penerima akan memberitahu lokasi semasa bahan dan peralatan tersebut (Cunha, 2014). Selain itu, penggunaan peta digital masa nyata (real-time) yang disokong oleh IoT membolehkan pekerja mengenal pasti risiko keselamatan dengan lebih cepat dan berkesan. c) Kamera Litar Tertutup (CCTV)

Tambahan pula, notifikasi pada peranti seperti Google Glass dapat memberi amaran kepada pekerja mengenai risiko di persekitaran kerja, meningkatkan kewaspadaan mereka terhadap keselamatan (Alateeq, 2023). Teknologi ini juga memungkinkan pekerja menerima arahan secara langsung mengenai tugas, amaran bahaya, dan produktiviti semasa kerja (Assan, 2018).

### 2.2.1.3 Peralatan Keselamatan Pintar (*Smart Safety Equipment*)

Ini termasuk peralatan seperti harness dan pakaian keselamatan yang dilengkapi dengan sensor untuk memantau penggunaan yang betul dan memberikan amaran jika terdapat masalah atau ketidakpatuhan kepada protokol keselamatan (Xu, 2023).

### 2.2.1.4 Penerima Persekitaran (*Environmental Sensor*)

Penerima ini dipasang di sekitar tapak bina untuk memantau keadaan persekitaran seperti suhu, kelembapan, tahap gas berbahaya, dan getaran struktur. Data ini boleh membantu mengenal pasti risiko sebelum mereka menjadi masalah serius (Phannil & Jettanasen, 2021).

## 2.3 Kesan Penggunaan IoT terhadap Keselamatan Pekerja di Tapak Pembinaan

Kesan penggunaan IoT terhadap keselamatan pekerja di tapak pembinaan terbahagi kepada dua iaitu kesan positif dan kesan negatif.

### 2.3.1 Kesan Positif

#### 2.3.1.1 Pemantauan Masa Nyata (*Real-Time Monitoring*)

Sistem yang dicadangkan menyediakan penyelesaian komprehensif untuk mencegah kemalangan di tapak pembinaan dengan menggabungkan amaran masa nyata, analisis realiti maya, dan teknologi IoT (Sreenivasaraja, 2023). Pekerja dapat diberi maklumat tentang potensi bahaya tepat pada masanya, sementara persekitaran realiti maya membolehkan analisis terperinci pelbagai senario untuk membantu dalam mengelakkan kemalangan (Edirisinghe, 2022). b. Pemantauan penggunaan Peralatan Pelindung Diri (PPE).

Melalui pendekatan IoT, penerima yang terbenam dalam peralatan pelindung diri (PPE) membolehkan penghantaran maklumat mengenai status semasa peralatan untuk tujuan penyelenggaraan dan pembaikan (Lee, 2023). Sistem yang dimplementasikan memberi amaran kepada pengguna dan pegawai keselamatan jika pengguna alatan tidak memakai item PPE yang diperlukan, dengan penerima yang mengandungi fotoresistor, penerima optik, perintang boleh renggang daya, dan penerima sentuhan yang disertakan dengan algoritma pemrosesan data masa nyata (real-time) untuk pengesanan pemakaian yang betul. c. Optimisasi Peralatan.

Selain itu, IoT juga membantu dalam mengoptimalkan penggunaan sumber di tapak pembinaan dengan pengawasan berterusan terhadap peralatan, yang memungkinkan analisis pola penggunaan dan identifikasi peralatan yang tidak efisien atau tidak digunakan secara optimal (Admin, 2023).

#### 2.3.1.2 Pencegahan Awal

Penderia persekitaran yang digunakan di tapak bina memainkan peranan penting dalam mengumpul data yang berkaitan dengan keadaan sekeliling. Data ini kemudiannya dianalisis untuk mengesan potensi risiko sebelum ia menjadi masalah serius (Phannil & Jettanasen, 2021).

## 2.3.2 Kesan Negatif

### 2.3.2.1 Kebergantungan pada Teknologi

Kebergantungan yang berlebihan pada teknologi IoT dapat menyebabkan risiko signifikan, terutama dalam pemantauan keselamatan di tapak pembinaan, dengan potensi kegagalan sistem atau gangguan jaringan yang dapat mengurangi efektivitas pengawasan keselamatan (Tang, 2015).

### 2.3.2.2 Pembiayaan Implementasi

Biaya tinggi untuk pemeliharaan dan operasi sistem IoT dapat mempengaruhi keberlanjutan implementasi teknologi ini, menjadi beban berat terutama dalam jangka panjang (Li, 2021). Risiko tambahan terkait dengan keamanan data juga perlu dipertimbangkan, mengingat konektivitas yang meningkat dan pengumpulan data di tapak pembinaan dapat meningkatkan risiko terhadap kebocoran data atau serangan siber yang berpotensi merugikan perusahaan (Zhang, 2021).

### 2.3.2.3 Pelatihan dan Keterampilan

Kurangnya pelatihan dan keterampilan dalam penggunaan teknologi IoT dapat mengurangi efektivitasnya dalam meningkatkan keselamatan di tempat kerja, baik bagi pekerja lapangan mahupun manager projek (Zhang, 2021). Pengabaian terhadap latihan keselamatan tradisional. Ini boleh membahayakan keselamatan pekerja jika sistem gagal untuk mengesan atau merespons dengan tepat terhadap situasi bahaya (Ejaz, 2018).

## 2.4 Strategi agar Penggunaan IoT dapat Dipertingkatkan Penggunaan di Tapak Pembinaan bagi Membantu Meningkatkan Keselamatan Pekerja

Strategi untuk meningkatkan penggunaan teknologi IoT di tapak pembinaan bagi membantu meningkatkan keselamatan pekerja boleh melibatkan beberapa pendekatan yang bersepadu dan komprehensif.

### 2.4.1 Menyambungkan IoT dengan Peralatan dan Mesin di Tapak Binaan

Dengan kelebihan IoT, kawalan mesin di tapak pembinaan dapat meningkatkan produktiviti secara signifikan, memungkinkan pelaporan kemajuan, pergerakan, dan status peralatan secara masa nyata (real-time) yang mempercepat kelajuan projek sambil mengurangkan kelewatan (Smith, 2021). Pemantauan penggunaan alat perlindungan diri (APD) oleh pekerja juga dapat dilakukan melalui IoT, dengan penderia IoT pada topi keselamatan yang dapat mengesan jika pekerja tidak mengenakan APD dengan betul dan memberikan peringatan untuk memakai APD dengan betul (Zhong, 2020).

### 2.4.2 Kerjasama Industri

Kerjasama antara pelbagai pemain industri pembinaan seperti pembangun, kontraktor, pembekal peralatan, dan penyedia teknologi IoT adalah kunci dalam membangunkan solusi yang sesuai untuk meningkatkan keselamatan di tapak binaan (Cheng, 2020). Sistem penderia IoT yang dipasang pada peralatan keselamatan untuk memanta pemakaian alat perlindungan diri (APD) oleh pekerja.

### 2.4.3 Merevolusikan Pengurusan Keselamatan

Teknologi IoT telah merevolusikan pengurusan keselamatan dalam industri pembinaan dengan menjadikan tapak pembinaan lebih selamat melalui penggunaan penderia pintar yang mengumpul dan menghantar data masa nyata (real-time) berkaitan dengan aktiviti, pergerakan, lokasi, dan status keselamatan pekerja (Melita, 2023). Kemampuan teknologi IoT untuk memberikan jangkaan masa nyata tentang operasi tapak pembinaan telah terbukti menjadi alat kritikal dalam meningkatkan keselamatan, mengurangkan risiko, dan mengoptimumkan sumber dalam industri pembinaan (Kanan, 2024).

### 2.4.4 Integrasi Sistem IoT dengan Platform Pengurusan Keselamatan

Platform IoT seperti Google Cloud IoT Core menyediakan alat dan infrastruktur yang diperlukan untuk menghubungkan dan menguruskan peranti IoT dengan selamat serta menganalisis data yang dikumpulkan. Analisis ini membantu dalam mengenalpasti trend keselamatan dan mengambil Langkah-langkah untuk mencegah kemalangan sebelum ia berlaku (Durluk, 2023).

### 3. Metodologi Kajian

Bab ini akan membincangkan kaedah-kaedah kajian yang akan digunakan untuk mendapatkan maklumat dan data kajian bertujuan untuk memastikan objektif kajian yang telah ditetapkan tercapai (Ahmed, 2022). Kaedah kuantitatif digunakan untuk mengumpulkan data yang dapat diukur mengenai penggunaan IoT dalam meningkatkan keselamatan pekerja di tapak binaan.

#### 3.1 Reka Bentuk Kajian

Kajian ini adalah berdasarkan objektif dan persoalan kajian. Semasa menjalankan kajian, reka bentuk kajian yang terperinci dan teratur mampu menyelesaikan atau memperoleh keputusan kajian dengan mudah dan lancar. Bagi mencapai objektif kajian, kaedah yang digunakan dalam kajian ini ialah melalui soal selidik bersama kontraktor G7.

#### 3.2 Pengumpulan Data

##### 3.2.1 Data Primer

Melalui kaedah soal selidik, kajian ini dapat mengeksplorasi secara terperinci persepsi, pendapat, dan pengalaman responden berkaitan dengan penggunaan IoT dalam konteks keselamatan di tapak binaan (Ahmed, 2021).

##### 3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan, diolah, dan dipublikasikan oleh pihak lain, biasanya untuk tujuan selain yang sedang diteliti oleh peneliti saat ini. Data ini berasal dari berbagai sumber seperti laporan pemerintah, artikel jurnal, buku, dan data statistik. Data sekunder juga boleh dikenalpasti sebagai kajian literatur (Smith, 2023).

#### 3.3 Populasi Kajian dan Kaedah Persampelan

##### 3.3.1 Populasi Kajian

Kajian dijalankan pada kontraktor G7 di kawasan sekitar negeri Johor sahaja. Lokasi sekitar Johor dipilih bagi memenuhi objektif kajian ini berkaitan penggunaan teknologi IoT yang membantu dalam meningkatkan keselamatan pekerja di tapak bina di Johor. Ini kerana negeri ini terlibat dalam projek infrastruktur berskala besar yang meningkatkan aktiviti pembinaan. Contohnya, Projek Sistem Transit Rapid (RTS) Johor-Singapura yang menghubungkan Johor Bahru dengan Singapura, bertujuan meningkatkan kesalinghubungan dan merencanakan integrasi ekonomi serantau (CIDB, 2023).

Kontraktor G7 di negeri Johor dipilih khusus kerana pengalaman mereka dalam kerja di tapak pembinaan memberikan pandangan yang penting tentang kesan langsung penggunaan teknologi IoT dalam kehidupan sehari-hari mereka di tapak pembinaan. Fokus kajian ini adalah kepada pihak kontraktor yang berdaftar dengan CIDB dan mempunyai Gred G7 bagi mewakili kontraktor di Negeri Johor. Maklumat berkaitan gred yang terlibat, kategori serta pengkhususan kontraktor tersebut adalah merujuk kepada Centralized Information Management System (CIMS) oleh CIDB (2023).

##### 3.3.2 Kaedah Persampelan

Kaedah persampelan dipilih berdasarkan populasi dimana kaedah sampel rawak kelompok cluster sampling dibuat. Proses persampelan ini melibatkan lokasi yang kajian hendak dibuat. Sehubungan dengan itu, responden bagi kajian ini dibuat di sekitar negeri Johor dan daripada kelompok kontraktor yang mempunyai Gred 7. Oleh itu, pemilihan sampel dibuat adalah merujuk kepada penentuan jumlah sampel daripada Krejcie & Morgan (1970) seperti dalam Jadual 1.

**Jadual 1** Penentuan Jumlah Sampel (Krejcie & Morgan, 1970)

N	S	N	S	N	S	N
10	10	150	108	460	210	2000
15	14	160	113	480	214	2200
20	19	170	118	500	217	2400
25	24	180	123	550	226	2600
30	28	190	127	600	234	2800
35	32	200	132	650	242	3000
40	36	210	136	700	248	3500
45	40	220	140	750	254	4000
50	44	230	144	800	260	4500
55	48	240	148	850	265	5000
60	52	250	152	900	269	6000
65	56	260	155	950	274	7000
70	59	270	159	1000	278	8000
75	63	280	162	1100	285	9000
80	66	290	165	1200	291	10000
85	70	300	169	1300	297	15000
90	73	320	175	1400	302	20000
95	76	340	181	1500	306	30000
100	80	360	186	1600	310	40000
110	86	380	191	1700	313	50000
120	92	400	196	1800	317	75000
130	97	420	201	1900	320	100000
140	103	440	205			

Catatan: N- Populasi, S- Saiz sampel

Menurut CIBD, jumlah kontraktor G7 yang berdaftar di negeri Johor adalah sebanyak 778 syarikat dan kaedah pengiraan persampelan Krejcie & Morgan (1970) seperti dalam Jadual 1 diatas menunjukkan jumlah populasi kontraktor G7 yang berdaftar di Johor adalah seramai 260 orang responden.

### 3.4 Instrumen Kajian

Instrumen kajian telah dibincangkan dalam bahagian ini. Instrumen kajian merupakan alat yang digunakan oleh penyelidik untuk mengumpulkan alau mendapatkan data, mengukur data, dan menganalisis data yang berkaitan dengan topik penyelidikan.

Instrumen kajian boleh termasuk borang soal kaji selidik, ujian, senarai semak atau tinjauan. Penggunaan borang soal kaji selidik sebagai instrumen kajian adalah lebih mudah untuk dianalisis. Hal ini kerana ia bersifat luas, terbuka, tidak berstruktur, dan tidak semestinya bersifat tetap (Salleh, 2023).

#### 3.4.1 Borang Soal Kaji Selidik

Soal selidik turut dapat mempercepatkan proses pengumpulan data dari segi mendapatkan lebih banyak responden. Borang soal selidik dibahagikan kepada 4 bahagian yang disenaraikan seperti dalam Jadual 2 di bawah:

**Jadual 2** Pembahagian Borang Soal Selidik

Bahagian	Perkara
A	Latar belakang responden
B	Jenis teknologi IoT yang sesuai digunakan untuk meningkatkan keselamatan pekerja binaan di tapak pembinaan.
C	Kesan penggunaan pendekatan IoT kepada pekerja untuk meningkatkan keselamatan pekerja di tapak pembinaan.
D	Strategi agar penggunaan IoT dapat dipertingkatkan penggunaan di tapak pembinaan bagi membantu meningkatkan keselamatan pekerja.

Borang soal selidik ini mempunyai tiga bahagian, iaitu Bahagian A, Bahagian B, Bahagian C dan Bahagian D dan ianya menggunakan jenis soalan 'closed ended' bagi memudahkan responden memilih jawapan. Borang ini menggunakan skala likert.

### 3.5 Responden Kajian

Kesemua responden yang terlibat dalam kajian ini merupakan kontraktor G7 yang berdaftar. Kajian ini menggunakan kaedah pensampelan rawak untuk memastikan representatif yang lebih luas bagi populasi yang dikaji.

### 3.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dan mengenalpasti penggunaan teknologi IoT membantu dalam meningkatkan keselamatan pekerja di tapak binaan (Liamputtong & Ezzy, 2005). Setelah analisis statistik dilakukan, hasil tersebut perlu diinterpretasi dalam konteks objektif kajian.

## 4. Dapatan Kajian dan Perbincangan

Dalam kajian ini seramai 260 orang responden yang terlibat. Namun begitu hanya sebanyak 171 borang soal kaji selidik yang berjaya diperolehi daripada jumlah seluruh borang soal selidik yang telah diedarkan melalui atas talian. Ini menunjukkan jumlah kadar responden yang terlibat dalam kajian ini adalah sebanyak 65.8%.

**Jadual 3** Penganalisan Data Kajian

Bahagian Item	Kaedah Analisis	Jenis Statistik
Demografi;	Kekerapan dan peratusan	Statistik Deskriptif
- Jantina		
- Umur		
- Jawatan		
- Pengalaman Kerja		
- Pendidikan	Nilai min dan kedudukan	Statistik Deskriptif
1. Jenis teknologi iot yang sesuai digunakan untuk meningkatkan keselamatan pekerja binaan di tapak pembinaan		
2. Kesan penggunaan pendekatan iot kepada pekerja untuk meningkatkan keselamatan di tapak pembinaan		
3. Strategi agar penggunaan iot dapat dipertingkatkan penggunaan di tapak pembinaan bagi membantu meningkatkan keselamatan pekerja.	Nilai min dan kedudukan	Statistik Deskriptif

### 4.1 Demografi

Bagi kajian ini, latar belakang responden terdiri daripada lima (5) bahagian iaitu; umur, jantina, jawatan, pendidikan dan Pengalaman dalam bidang pembinaan di tapak bina. Seramai 171 jumlah responden yang terlibat dalam kajian ini.

#### 4.1.1 Demografi Umur

**Jadual 4** Peratusan dan Kekerapan Demografi bagi Aspek Umur

Status	Jumlah	Peratus
Kurang 30 tahun	20	11.7
30 Tahun hingga 40 tahun	71	41.5
41 Tahun hingga 50 tahun	54	31.6
50 Tahun keatas	26	15.2
Jumlah	171	100.0

Berdasarkan Jadual 4, kumpulan umur 30 hingga 40 tahun mencatatkan bilangan tertinggi iaitu sebanyak 71 orang (41.5%). Hal ini disebabkan oleh pekerja dalam lingkungan usia ini berada di tahap kematangan yang optimum, dengan gabungan tenaga fizikal dan pengalaman yang diperlukan dalam industri pembinaan. Selain itu, kumpulan umur ini biasanya mempunyai komitmen yang lebih stabil terhadap pekerjaan berbanding golongan yang lebih muda. Sebaliknya, kumpulan umur kurang 30 tahun mencatatkan bilangan terendah iaitu 20 orang (11.7%). Ini mungkin kerana kebanyakan individu dalam kumpulan ini baru sahaja menamatkan pengajian dan masih dalam fasa awal membina kerjaya, menjadikan jumlah mereka di sektor ini lebih kecil.

#### 4.1.2 Demografi Jantina

**Jadual 5** Peratusan dan Kekerapan Demografi bagi Aspek Jantina

Jantina	Bilangan	Peratus
Lelaki	93	54.4
Perempuan	78	45.6
Jumlah	171	100.0

Merujuk kepada Jadual 5, lelaki mendominasi tenaga kerja dalam sektor pembinaan dengan bilangan sebanyak 93 orang (54.4%). Fenomena ini disebabkan oleh sifat pekerjaan yang memerlukan kekuatan fizikal, di mana lelaki cenderung lebih sesuai untuk tugas berat di tapak binaan. Selain itu, norma budaya dan persepsi tradisional turut mempengaruhi pembahagian jantina dalam sektor ini. Sebaliknya, bilangan perempuan hanya 78 orang (45.6%), yang mencerminkan cabaran yang dihadapi wanita dalam memasuki industri ini. Walau bagaimanapun, trend ini menunjukkan peningkatan berbanding sebelumnya, di mana lebih ramai wanita mula memainkan peranan penting dalam sektor pembinaan.

#### 4.1.3 Demografi Pengalaman Kerja

**Jadual 6** Peratusan dan Kekerapan Demografi bagi Aspek Pengalaman Kerja

Pengalaman Kerja	Jumlah	Peratus
Kurang 1 Tahun	22	12.9
2 Hingga 5 Tahun	45	26.3
6 Hingga 9 Tahun	54	31.6
10 Tahun keatas	50	29.2
Jumlah	171	100.0

Berdasarkan Jadual 6, pengalaman kerja 6 hingga 9 tahun mencatatkan bilangan tertinggi iaitu 54 orang (31.6%). Hal ini kerana pekerja dalam kategori ini dianggap memiliki keseimbangan antara kemahiran praktikal dan pengalaman yang cukup untuk menyumbang secara efektif dalam projek pembinaan. Sebaliknya, kategori kurang 1 tahun mencatat bilangan terendah iaitu 22 orang (12.9%), yang mungkin disebabkan oleh golongan ini masih baru dalam industri dan memerlukan masa untuk menyesuaikan diri dengan keperluan sektor pembinaan.

#### 4.1.4 Demografi Jawatan

**Jadual 7** Peratusan dan Kekerapan Demografi bagi Aspek Jawatan

Jawatan	Bilangan	Peratus
Pengurus projek	49	28.7
Pengarah projek	47	27.5
Pengurus pembinaan	47	27.5
Penyelia tapak	28	16.4
Jumlah	171	100.0

Berdasarkan Jadual 7, jawatan pengurus projek mencatat bilangan tertinggi dengan 49 orang (28.7%). Keadaan ini mencerminkan keperluan tinggi terhadap peranan ini dalam memastikan pengurusan dan perancangan projek yang berjaya. Pengurus projek biasanya mempunyai pengetahuan mendalam tentang pengurusan sumber manusia, masa, dan kewangan. Ini adalah kemahiran penting untuk mengurus projek binaan yang berskala besar. Sebaliknya, jawatan penyelia tapak mencatat bilangan

terendah dengan 28 orang (16.4%). Hal ini kerana jawatan ini lebih fokus kepada tugas operasi di tapak binaan dan biasanya tidak memerlukan jumlah pekerja yang ramai.

#### 4.1.5 Demografi Pendidikan

**Jadual 8** Peratusan dan Kekerapan Demografi bagi Aspek Pendidikan

Jawatan	Bilangan	Peratus
Diploma	14	8.2
Ijazah	74	43.3
Master	59	34.5
PhD	24	14.0
Jumlah	171	100.0

Dalam Jadual 8, tahap pendidikan Ijazah adalah yang tertinggi dengan 74 orang (43.3%). Hal ini kerana kebanyakan jawatan dalam industri pembinaan kini memerlukan kelayakan akademik untuk memenuhi keperluan teknikal dan pengurusan. Golongan pemegang ijazah, master, dan PhD mendominasi industri pembinaan sebagai kontraktor G7 kerana kelebihan mereka dari segi pengetahuan teknikal, kepakaran, dan kebolehan menguruskan projek berskala besar. Kelayakan tinggi ini bukan sahaja membina kredibiliti tetapi juga membolehkan mereka membawa inovasi dan kecekapan ke dalam projek pembinaan, menjadikan mereka pilihan utama untuk projek bernilai tinggi dan berimpak besar. Sebaliknya, tahap pendidikan Diploma adalah yang terendah dengan 14 orang (8.2%). Ini mungkin disebabkan oleh persaingan tinggi dalam industri, di mana pekerja dengan kelayakan lebih tinggi lebih diutamakan.

#### 4.2 Jenis Teknologi IoT yang Sesuai Digunakan untuk Meningkatkan Keselamatan Pekerja Binaan di Tapak Pembinaan

**Jadual 9** Skor Min bagi Jenis Teknologi Internet of Things (IoT) yang Sesuai untuk Meningkatkan Keselamatan Pekerja Binaan di Tapak Pembinaan

No. Soalan	Soalan	Min	Kedudukan
1	Pekerja di tapak pembinaan menerima amaran masa nyata (real-time) mengenai potensi bahaya melalui teknologi IoT.	4.05	3
2	Penggunaan RFID membantu mengurangkan risiko kecurian bahan di tapak bina.	4.06	2
3	CCTV di tapak bina dihubungkan kepada sistem IoT untuk pemantauan masa nyata (real-time).	3.74	7
4	Penggunaan kamera pintar atau dron untuk memantau aktiviti dikawasan berisiko tinggi boleh membantu mengurangkan kemalangan.	4.19	1
5	Kontraktor menggunakan peralatan keselamatan pintar seperti harness atau pakaian keselamatan yang dilengkapi dengan penderia.	4.02	5
6	Penderia (sensor) persekitaran dipasangkan untuk memantau parameter seperti suhu, kelembapan atau tahap gas berbahaya.	4.05	4
7	Sistem IoT di tapak bina anda berfungsi dengan baik untuk mengesan kerosakan peralatan atau mesin lebih awal.	4.01	6
JUMLAH PURATA MIN			4.02

Berdasarkan Jadual 9, analisis ini disusun mengikut nilai min dimana kedudukan tertinggi adalah kamera pintar atau dron untuk kawasan berisiko tinggi (4.19). Hal ini kerana teknologi ini mampu memantau kawasan berisiko tinggi secara efisien dan dari jarak jauh, mengurangkan risiko kecederaan kepada pekerja. Seterusnya, diikuti dengan penggunaan RFID untuk mengurangkan risiko kecurian (4.06), amaran masa nyata (real-time) (4.05),

seterusnya penerima persekitaran (4.05), dan nilai min terendah adalah CCTV yang berhubung dengan sistem IoT (3.74) yang mungkin disebabkan oleh batasan teknikal seperti sudut pandangan tetap dan keperluan sambungan rangkaian yang stabil.

#### 4.2.1 Kamera Pintar atau Dron untuk Kawasan Berisiko Tinggi

Kamera pintar dan dron adalah teknologi yang sangat berguna dalam sektor pembinaan kerana keupayaannya untuk memantau kawasan yang luas dan sukar diakses dengan efisien. Dron, khususnya, menawarkan perspektif udara yang membolehkan kontraktor mendapatkan gambaran menyeluruh tentang situasi di tapak binaan.

Dapatan ini disokong lagi bahawa kamera pintar dan dron menawarkan kelebihan dalam pemantauan kawasan yang luas dan sukar diakses. Dron membolehkan pemantauan dari sudut pandang udara, memberikan gambaran menyeluruh tentang aktiviti di tapak dan membantu dalam pengesanan awal potensi bahaya.

#### 4.2.2 Penggunaan RFID untuk Mengurangkan Risiko Kecurian

Kajian ini menunjukkan bahawa penggunaan RFID membolehkan pengurusan bahan yang lebih cekap dan teratur di tapak pembinaan. Selain itu, penggunaan RFID dalam pengurusan bahan pembinaan meningkatkan kecekapan dan ketepatan, sekali gus meminimumkan risiko kehilangan bahan. Teknologi ini membolehkan pemantauan secara langsung terhadap pergerakan bahan, menjadikan keseluruhan sistem lebih teratur. Ini bukan sahaja membantu dalam mengurangkan kos akibat kecurian, tetapi juga mempercepatkan proses kerja di tapak pembinaan.

Dapatan ini disokong oleh (Adlina, 2023) bahawa RFID adalah pelaburan yang berbaloi bagi organisasi yang mahu meningkatkan keberkesanan pengurusan bahan binaan.

#### 4.2.3 Amaran Masa Nyata (Real-Time)

Teknologi amaran masa nyata membolehkan pekerja menerima pemberitahuan awal mengenai potensi bahaya, memberikan mereka masa untuk mengambil tindakan pencegahan. Teknologi ini menggambarkan masa depan pengurusan keselamatan yang lebih proaktif.

Hal ini disokong bahawa teknologi ini membolehkan pemantauan masa nyata dan amaran awal terhadap potensi bahaya, membantu pekerja mengelak risiko dengan lebih berkesan (Adlina, 2023). Teknologi Augmented Reality (AR) dapat digunakan di tapak pembinaan untuk memberi amaran kepada pekerja tentang bahaya atau perubahan di lokasi dalam masa nyata (Asrul, 2024).

#### 4.2.4 Penerima Persekitaran

Penerima persekitaran adalah alat penting untuk memantau keadaan kerja yang mungkin berbahaya kepada pekerja, seperti suhu, kelembapan, dan kehadiran gas berbahaya. Alat ini memberikan data masa nyata yang membantu kontraktor dalam membuat keputusan yang proaktif untuk melindungi pekerja.

Pekerja pembinaan sering terdedah kepada bahaya seperti terjatuh, tersadung, atau tergelincir semasa bekerja di tapak pembinaan. Pemantauan persekitaran yang berterusan dapat membantu mengurangkan risiko ini (DOSH, 2018)

#### 4.2.5 CCTV yang berhubung dengan Sistem IoT

Walaupun CCTV berhubung dengan sistem IoT menyediakan kelebihan seperti pemantauan berterusan, penggunaannya mungkin terhad oleh kos pemasangan dan penyelenggaraan yang tinggi. Tambahan pula, sudut pandangan CCTV yang tetap menjadikannya kurang fleksibel dalam memantau kawasan yang luas atau berubah-ubah.

Selain itu, menurut (DOSH, 2018) menyokong bahawa kos dan aspek penyelenggaraan juga perlu diberi perhatian. Pemasangan sistem CCTV yang dihubungkan dengan teknologi IoT memerlukan pelaburan awal yang tinggi. Selain itu, sistem ini memerlukan penyelenggaraan berkala bagi memastikan prestasinya sentiasa optimal.

### 4.3 Kesan penggunaan pendekatan IoT kepada pekerja untuk meningkatkan keselamatan di tapak pembinaan.

**Jadual 10** Skor Min bagi Kesan Positif

No. Soalan	Soalan	Min	Kedudukan
1	Penggunaan teknologi IoT membantu mengurangkan risiko kemalangan di tempat kerja.	3.89	5
2	Pemantauan masa nyata melalui teknologi IoT membantu anda mengenal pasti risiko keselamatan dengan lebih cepat.	4.02	2
3	Penggunaan peralatan pelindung diri (PPE) lebih mudah dipantau dengan teknologi IoT di tapak pembinaan.	3.87	4
4	Kontraktor berasa lebih selamat apabila menggunakan peralatan IoT di tapak pembinaan.	4.03	1
5	Risiko keselamatan berkurangan selepas penggunaan sistem IoT di tapak pembinaan.	3.98	3
JUMLAH PURATA MIN			3.96

Berdasarkan Jadual 10, dengan data masa nyata, langkah pencegahan dapat diambil dengan pantas. Kesan positif tertinggi ialah **kontraktor berasa lebih selamat menggunakan IoT** dengan skor **4.03**. Keadaan ini mencerminkan keyakinan pekerja terhadap teknologi dalam meningkatkan keselamatan. Sebaliknya, kesan terendah ialah **penggunaan PPE lebih mudah dipantau** dengan skor **3.87**, yang mungkin dianggap sebagai ciri tambahan yang kurang memberi impak langsung terhadap keselamatan secara keseluruhan.

#### 4.3.1 Kesan Penggunaan IoT di Tapak Bina: Kesan Positif

Berdasarkan soalan dan kajian yang dibincangkan dalam dokumen, berikut adalah beberapa kesan positif utama yang dihasilkan oleh IoT:

##### 4.3.1.1 Pengurangan risiko kemalangan

Dengan data masa nyata yang dikumpulkan oleh peranti IoT, pengurus tapak dapat mengenal pasti bahaya dengan segera dan mengambil langkah proaktif untuk mencegah kemalangan (Asrul, 2024).

##### 4.3.1.2 Pemantauan Masa Nyata

Teknologi ini memberikan amaran segera kepada pekerja dan pengurus apabila bahaya dikesan, memastikan tindak balas yang pantas (Lee, 2020).

##### 4.3.1.3 Pemantauan Peralatan Perlindungan Diri (PPE)

Sistem yang bersepadu dapat memastikan pekerja memakai PPE dengan betul dan mematuhi standard keselamatan yang ditetapkan (Smith, 2019).

##### 4.3.1.4 Peningkatan Rasa Selamat

Kehadiran teknologi ini memberikan keyakinan kepada pekerja bahawa keselamatan mereka sentiasa dipantau (Chen, 2021).

##### 4.3.1.5 Pengurangan risiko keselamatan secara menyeluruh

Dengan analisis data dan pengawasan masa nyata, organisasi dapat meningkatkan protokol keselamatan mereka dengan lebih baik (Chen, 2021).

**Jadual 11** Skor Min bagi Kesan Negatif

No. Soalan	Soalan	Min	Kedudukan
1	Mengalami sebarang cabaran atau kesukaran ketika menggunakan teknologi IoT di tapak pembinaan.	4.00	3
2	Pemantauan masa nyata melalui teknologi IoT membantu mengenal pasti risiko keselamatan dengan lebih cepat.	4.02	1

3	Penggunaan IoT mengurangkan keperluan latihan keselamatan tradisional dalam kalangan pekerja.	3.88	4
4	Kos pelaksanaan dan penyelenggaraan sistem IoT semakin meningkat yang menjadi cabaran dalam meningkatkan keselamatan di tapak pembinaan.	4.02	2
JUMLAH PURATA MIN			3.98

Berdasarkan Jadual 11, kesan negatif tertinggi ialah pemantauan masa nyata mengenal pasti risiko lebih cepat dan kos pelaksanaan IoT meningkat, masing-masing dengan skor 4.02. Kos yang tinggi menjadi cabaran utama dalam penerapan teknologi ini, sementara keberkesanan pemantauan masa nyata turut menimbulkan tekanan untuk melaksanakan IoT dengan lebih meluas. Sebaliknya, kesan terendah ialah pengurangan keperluan latihan keselamatan tradisional dengan skor 3.88, yang mungkin kerana latihan tradisional masih dianggap relevan oleh kebanyakan pekerja.

### 4.3.2 Kesan Penggunaan IoT di Tapak Bina: Kesan Negatif

Berdasarkan soalan dan kajian yang dibincangkan dalam dokumen, berikut adalah beberapa kesan negative utama yang dihasilkan oleh IoT:

#### 4.3.2.1 Penggunaan Internet of Things (IoT) dalam Industri Pembinaan di Malaysia

Walaupun IoT dapat meningkatkan kecekapan dalam industri pembinaan, terdapat kesan buruk seperti keperluan pekerja untuk memperoleh kemahiran baharu dalam mengendalikan teknologi tersebut, yang boleh menjadi cabaran (Syafiqah, 2020).

#### 4.3.2.2 Perkembangan Penggunaan Internet of Things (IoT) dalam Industri Pembinaan di Malaysia

Kajian ini meneliti perkembangan penggunaan IoT dalam industri pembinaan di Malaysia dan menyentuh tentang cabaran yang dihadapi, termasuk kos pelaksanaan yang tinggi dan keperluan untuk latihan pekerja (Syafiqah, 2020).

#### 4.3.2.3 Kepentingan IoT dalam Kehidupan Masa Kini

Isu keselamatan yang berkaitan dengan IoT, termasuk dalam konteks industri pembinaan, di mana keselamatan merupakan isu besar apabila jutaan peranti terhubung, meningkatkan risiko terhadap serangan siber dan kebocoran data (Admin, 2023).

#### 4.3.2.4 Membina Masa Depan: Bagaimana Teknologi Merevolusikan Industri Pembinaan

Peranti IoT digunakan untuk memantau tapak pembinaan dan meningkatkan langkah keselamatan, namun juga menekankan bahawa penggunaan teknologi ini memerlukan pelaburan yang signifikan dan boleh menghadapi rintangan daripada pekerja yang kurang mahir dengan teknologi (De Burca, 2023).

### 4.4 Strategi agar Penggunaan IoT dapat Dipertingkatkan Penggunaan di Tapak Pembinaan bagi Membantu Meningkatkan Keselamatan Pekerja

**Jadual 12** Skor Min bagi Strategi agar Penggunaan IoT dapat Dipertingkatkan Penggunaan di Tapak Pembinaan bagi Membantu Meningkatkan Keselamatan Pekerja

No. Soalan	Soalan	Min	Kedudukan
1	Sistem pemantauan dan pemeriksaan berkala perlu diwujudkan untuk memastikan pekerja mematuhi penggunaan IoT.	4.05	3
2	Pekerja dan pengurus di tapak binaan menerima latihan yang mencukupi tentang penggunaan peranti IoT.	3.76	9
3	Pemantauan penggunaan Peralatan Perlindungan Diri (PPE) menggunakan IoT berjaya mengurangkan kadar kecederaan di tapak pembinaan.	4.01	5

4	Kolaborasi dengan penyedia teknologi IoT dan pembekal peralatan keselamatan menjadi sebahagian daripada strategi keselamatan tapak binaan.	3.99	6
5	Latihan dan kursus berkala diperlukan untuk meningkatkan kefahaman pekerja tentang penggunaan teknologi IoT.	3.90	8
6	Analisis data masa nyata (real-time) dari IoT membantu dalam membuat keputusan proaktif bagi mengurangkan risiko kemalangan.	4.02	4
7	IoT membantu meningkatkan tindak balas organisasi anda terhadap situasi kecemasan di tapak pembinaan.	4.18	1
8	Sistem pengurusan keselamatan organisasi anda kini diintegrasikan dengan data daripada peranti IoT.	4.17	2
9	Melabur lebih banyak dalam teknologi IoT untuk meningkatkan keselamatan pekerja pada masa akan datang.	3.91	7
JUMLAH PURATA MIN		4.00	

Berdasarkan Jadual 12, analisis tersebut disusun mengikut nilai min dimana kedudukan tertinggi adalah Tindak Balas Terhadap Situasi Kecemasan (4.18). Hal ini kerana teknologi ini membolehkan tindakan pantas melalui pemberitahuan masa nyata dan analisis data yang proaktif. Seterusnya, diikuti dengan Integrasi Data IoT dalam Sistem Pengurusan Keselamatan (4.17), Sistem Pemantauan dan Pemeriksaan Berkala (4.05), seterusnya Analisis Data Masa Nyata (4.02), dan nilai min terendah adalah Latihan Mengenai Penggunaan IoT (3.76) yang mungkin disebabkan oleh kekangan kos dan masa yang diperlukan untuk melatih pekerja secara menyeluruh. Ini menunjukkan bahawa responden bersetuju bahawa kamera pintar atau dron untuk kawasan tinggi lebih efektif dalam meningkatkan keselamatan di tapak bina berbanding penggunaan CCTV yang berhubung dengan system IoT di tapak bina.

#### 4.4.1 Tindak Balas Terhadap Situasi Kecemasan

Penggunaan teknologi RFID dan IoT dalam operasi penyelamatan telah terbukti mempercepatkan proses penyelamatan dan meningkatkan keselamatan nyawa dan harta benda (Asrul, 2024).

#### 4.4.2 Integrasi Data IoT dalam Sistem Pengurusan Keselamatan

Sistem MyREDS menggunakan teknologi IoT untuk meningkatkan keselamatan komuniti melalui pemantauan dan pengurusan akses yang lebih baik.

#### 4.4.3 Sistem pemantauan dan pemeriksaan berkala

Pemantauan berkala memastikan bahawa sistem IoT beroperasi dengan baik dan dapat mengesan sebarang isu atau ancaman dengan cepat. Langkah ini penting untuk mengekalkan keselamatan dan kecekapan operasi (UTM, 2024).

#### 4.4.4 Analisis data masa nyata

Penggunaan kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin dalam analisis data masa nyata dapat meningkatkan kecekapan dalam perancangan dan tindak balas kecemasan.

#### 4.4.5 Latihan mengenai penggunaan IoT

Responden dalam kajian ini kurang bersetuju bahawa Latihan mengenai penggunaan IoT adalah salah satu strataaegi dalam meningkatkan penggunaan IoT di tapak bina.

### 5. Kesimpulan dan Cadangan

#### 5.1 Pencapaian Objektif Kajian

Dalam kajian ini, sebanyak 171 set borang soal selidik berjaya dianalisis daripada jumlah keseluruhan yang telah diedarkan dengan kadar responden sebanyak 65%. Menurut Ahmad (2016) jumlah tersebut dikira mencukup bagi meneruskan penilaian borang soal selidik kerana jumlah kadar responden tersebut melebihi 30% daripada jumlah keseluruhan responden. Jumlah populasi kontraktor G7 yang berdaftar di Johor adalah sebanyak 778

orang responden maka dengan itu jumlah sampel responden yang diperlukan adalah seramai 260 orang responden.

### **5.1.1 Objektif 1: Jenis teknologi Internet of Things (IoT) yang sesuai untuk meningkatkan keselamatan pekerja binaan di tapak pembinaan.**

Menurut artikel di laman CIDB, integrasi sensor dan peranti IoT memperkenalkan tahap konektiviti dan pembuatan keputusan berasaskan data yang baru di tapak pembinaan. Peranti ini boleh memantau segala-galanya dari prestasi peralatan hingga keadaan persekitaran, memberikan pandangan masa nyata yang membolehkan penyelenggaraan proaktif dan protokol keselamatan yang ditingkatkan (CIDB, 2024).

Ini membantu pengurus pembinaan mengenal pasti potensi bahaya keselamatan, memantau kemajuan, dan membuat keputusan termaklum tentang peruntukan sumber (De Burca, 2023). Melalui penggunaan VR, pekerja boleh dilatih dalam persekitaran yang mensimulasikan tapak pembinaan sebenar tetapi dalam suasana yang terkawal, membolehkan mereka memahami prosedur keselamatan tanpa terdedah kepada risiko sebenar (Bernama, 2024). Menurut kajian oleh Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), cabaran keselamatan adalah antara halangan utama penggunaan teknologi IoT dalam industri pembinaan. Oleh itu, langkah-langkah proaktif perlu diambil untuk memastikan keselamatan data dan integriti sistem (Zakaria, 2023)

Keseluruhannya, objektif bagi kajian ini tercapai sesuai dengan objektif yang ditujukan oleh pengkaji. Responden bersetuju bahawa kamera pintar atau dron untuk kawasan berisiko tinggi dapat meningkatkan pengawasan keselamatan di tapak bina.

### **5.1.2 Objektif 2: Kesan penggunaan pendekatan IoT kepada pekerja untuk meningkatkan keselamatan pekerja di tapak pembinaan.**

Sensor IoT boleh mengesan pergerakan struktur yang tidak stabil, tahap gas beracun, atau kehadiran suhu yang melampau, sekaligus mengurangkan risiko kemalangan. Penggunaan sensor IoT telah terbukti berkesan dalam menurunkan kadar kemalangan sebanyak 25% di tapak pembinaan di China (Zhang, 2022).

Penggunaan alat pakai pintar dapat meningkatkan pematuhan kepada prosedur keselamatan sebanyak 40% (Alizadeh, 2021). Kebanyakan responden bersetuju bahawa sistem pengesanan lokasi masa nyata dapat membantu mengenal pasti lokasi tepat pekerja yang terperangkap atau cedera, membolehkan pasukan penyelamat bertindak dengan lebih pantas (Kim, 2020).

Keseluruhannya, objektif bagi kajian ini tercapai sesuai dengan objektif yang ditujukan oleh pengkaji. Kesan positif menunjukkan responden bersetuju bahawa pekerja merasa lebih selamat apabila menggunakan peralatan IoT kerana sistem-sistem yang digunakan dapat memberikan jaminan keselamatan di tapak bina manakal kesan negative menunjukkan responden bersetuju bahawa cabaran atau kesukaran ketika menggunakan teknologi IoT di tapak pembinaan.

### **5.1.3 Objektif 3: Strategi yang boleh dicadangkan untuk meningkatkan penggunaan IoT di tapak pembinaan bagi membantu meningkatkan keselamatan pekerja.**

Responden bersetuju bahawa kos pemasangan dan penyelenggaraan teknologi IoT sering menjadi penghalang utama dalam adopsinya. Pemberian insentif telah meningkatkan kadar adopsi teknologi digital dalam sektor pembinaan sebanyak 20% di negara-negara maju (World Economic Forum, 2021).

Latihan yang berkesan mampu meningkatkan keyakinan pekerja terhadap teknologi IoT sebanyak 35%. Ini penting untuk memastikan teknologi ini digunakan secara optimum dan diterima oleh semua lapisan pekerja (Martinez, 2020). Kerjasama antara universiti, institusi penyelidikan, dan industri pembinaan amat penting untuk menghasilkan inovasi teknologi yang relevan. Kolaborasi seperti ini telah berjaya mengurangkan kos pengeluaran peranti IoT sehingga 15% di beberapa negara Asia Tenggara (Chen, 2022).

Singapura telah menetapkan peraturan yang mewajibkan pemasangan peranti IoT untuk memantau keselamatan pekerja, yang telah mengurangkan kadar kemalangan sebanyak 18% dalam tempoh dua tahun (Tan & Lim, 2021). Pelaburan dalam infrastruktur digital mampu meningkatkan kecekapan penggunaan IoT di tapak pembinaan sehingga 30% (Alizadeh, 2021).

Keseluruhannya, objektif bagi kajian ini tercapai sesuai dengan objektif yang ditujukan oleh pengkaji. Responden bersetuju bahawa strategi dalam meningkatkan penggunaan teknologi IoT di tapak bina dapat membantu meningkatkan tindakbalas organisasi terhadap situasi kecemasan.

## 5.2 Kesimpulan

Industri dan pihak-pihak yang terlibat perlu mula mengkaji dan menyelidik mengenai keberkesanan penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) dalam meningkatkan keselamatan di tapak pembinaan. Selain itu, industri dan pihak-pihak yang terlibat haruslah memainkan peranan dalam meningkatkan kesedaran akan potensi teknologi IoT dalam kalangan individu yang berkhidmat di sektor tersebut. Antara cadangan pada kajian yang akan datang termasuklah mengenalpasti perhubungan antara penggunaan teknologi IoT dan pengurangan kemalangan di tapak pembinaan, mengenalpasti hubungan antara penggunaan IoT di tapak pembinaan dengan kepuasan pekerja terhadap keadaan kerja yang lebih selamat dan mengenalpasti perbezaan keberkesanan penggunaan teknologi IoT di antara syarikat berskala besar dan kecil dalam industri pembinaan.

## Penghargaan

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas segala sokongan yang telah 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:** Muhammad Fitri bin Mohd Azam; **pengumpulan data:** Muhammad Fitri bin Mohd Azam; **analisis dan interpretasi hasil:** Muhammad Fitri bin Mohd Azam, Zailawati Khalid; **penyediaan draf manuskrip:** Muhammad Fitri bin Mohd Azam, Zailawati Khalid, Goh Kai Chen, Haryati Shafii, dan Puteri Sodratul Nabihah binti Saraani. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

## Rujukan

- Admin. (2021, August 28). Cara Memodenkan Pembinaan dengan Pelabelan RFID untuk Penjejakan Aset, Pengurusan Inventori dan Lain-lain. *Constructive Voices*. [https://constructivevoices.com/ms/bagaimana-untuk-memodenkan-pembinaan-dengan-pelabelan-rfid-untuk-pengurusan-inventori-pengesanan-aset-dan-aplikasi-lain/?utm\\_source](https://constructivevoices.com/ms/bagaimana-untuk-memodenkan-pembinaan-dengan-pelabelan-rfid-untuk-pengurusan-inventori-pengesanan-aset-dan-aplikasi-lain/?utm_source)
- Admin, & Admin. (2023b, July 14). *Smart Construction Sites: How AI and IoT are*
- Alateeq, M., P.P, F., & Ali, M. (2023). Construction Site Hazards Identification Using Deep Learning and Computer Vision. *Sustainability*.
- Albitar, S., S. Fournier, and B. Espinasse (2014). "An effective TF/IDF-based text-to-text semantic similarity measure for text classification." In *Web Information Systems Engineering—WISE 2014*, edited by B. Benatallah, A. Bestavros, Y. Manolopoulos, A.Vakali, and Y. Zhang. New York: Springer.
- Admin. (2023, November 21). KEPENTINGAN "IoT" DALAM KEHIDUPAN MASA KINI - Sabah Creative Economy and Innovation Centre. Sabah Creative Economy and Innovation Centre. [https://scenic.my/kepentingan-iot-dalam-kehidupan-masa-kini/?utm\\_source=Admin\\_Richard](https://scenic.my/kepentingan-iot-dalam-kehidupan-masa-kini/?utm_source=Admin_Richard). (2024, February 22). *IoT in construction: top benefits, use-cases & applications*. ToolSense. [construction-top-benefits-use-cases-application/https://toolsense.io/equipment-management/iot-in-](https://toolsense.io/equipment-management/iot-in-application/)
- Adlina. (2023, September 11). *Peningkatan teknologi di tapak kerja*. CIDB Malaysia. Retrieved from <https://www.cidb.gov.my/peningkatan-teknologi-di-tapak-kerja>
- Ali, M., & Ahmad, N. (2020). Pemilihan responden dalam kajian sosiologi. *Jurnal Penyelidikan Sains Sosial*, 15(2), 123-135.
- Alizadeh, T., Naderpajouh, N., & Zahraei, S.M. (2021). "Wearable Technologies for Construction Safety: Impacts and Limitations." *Automation in Construction*, 126, 103666.
- Asam, C., Herold, L., & Rauschecker, U. (2019). Analysis of safety systems in the construction industry: Traditional approaches versus IoT-based solutions. *Procedia CIRP*, 79, 274-279.
- Asrul, M. A. N. (2024, November 27). *Revolusi teknologi imersif dalam industri pembinaan Malaysia*. Bernama. Retrieved from <https://www.bernama.com/bm/tintaminda/news.php?id=2368115>
- Asrul, M. N., Mohd Rizal, M., M. A., Ta Wee, S., Kasim, N., & Omar, R. (2024). Peningkatan Tahap Keselamatan di Tapak Bina dengan Pengaplikasian Teknologi Dron. *Research Management and Technology Bulletin*. Retrieved from <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rmtb>

- Assan, L. (2018). *Potensi Internet Saling Berhubung (Internet of Things) dalam Industri Pembinaan di Malaysia*. Projek Sarjana Muda, UTM.
- Awolusi, I., & Sulbaran, T. (2021). Decision Support Framework for Selecting Wearable Internet of Things Devices for Safety Management in Construction. *EPiC Series in Built Environment*.
- Awolusi, I., Marks, E., and Hallowell, M. (2018). Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: *Review of applicable devices*.
- Azizan, N. N. N., & Rahim, M. H. I. (2023). *Kajian Potensi Dron terhadap Penyelesaian Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan di Tapak Pembinaan*. Research Management and Technology Bulletin, 4(1), 91.
- BERNAMA. (2024). *Teknologi realiti maya (VR) dan keselamatan pekerja binaan*. <https://www.bernama.com/bm/tintaminda/news.php?id=2368115>
- Chen, H., Mao, Y., Xu, Y., & Wang, R. (2023). The Impact of wearable devices on the construction safety of building workers: A Systematic review. *Sustainability*, 15(14), 11165.
- Chen, H., Tan, J., & Wei, L. (2022). "Cost-Effective IoT Solutions for Developing Countries." *Journal of Engineering and Technology Management*, 65, 101683.
- Chen, W., et al. (2021). IoT-driven safety measures in construction sites: A case study on wearable devices and real-time data analytics. *Journal of Engineering and Technology*, 15(4), 102-115.
- Cheng, J., Li, Q., & Jin, X. (2020). The Role of IoT in Enhancing Safety in the Construction Industry. *Journal of Advanced Research in Civil and Environmental Engineering*, 7(1), 23-29.
- Choi, S., Lee, H., & Kim, J. (2017). Wearable Device-based System for Safety Management in Construction Sites. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(6), 2425-2435.
- Chung, W. W. S., Tariq, S., Mohandes, S. R., & Zayed, T. (2023). *IoT-based application for construction site safety monitoring*. *International Journal of Construction Management*, 23(1), 58-74. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15623599.2020.1847405?scroll=top>
- Chung, W., Tariq, S., Mohandes, S., & Zayed, T. (2020). *IoT-based application for construction site safety monitoring*.
- CIDB. (2024). *Peningkatan teknologi di tapak kerja*. from <https://www.cidb.gov.my/peningkatan-teknologi-di-tapak-kerja/>
- CIDB. (n.d.). <https://cimsdev.cidb.gov.my/smis/preprod/reglocalsearchcontractor.vbhtml>
- Cing, H., & Mansor, N. (2023). *Internet of Things (IoT): Real-Time Monitoring for Decision Making Among the Malaysian Contractors*.
- Cing, N. H. C., & Mansor, N. N. S. (2023). Internet of Things (IoT): Real-time monitoring for decision-making among the Malaysian contractors. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 32(3), 455-470.
- Construction Industry Development Board Malaysia. (2023). *Johor-Singapore RTS project redefines regional connectivity*. <https://www.cidb.gov.my/eng/johor-singapore-rts-project-redefinesregional-connectivity/>
- De Buca (17 ogos 2023). *Daripada dron kepada BIM: Bagaimana alat teknologi membentuk semula pengurusan tapak pembinaan*. <https://constructive-voices.com/ms/daripada-dron-kepada-bimbagaimana-alat-teknologi-membentuk-semula-pengurusan-tapak-pembinaan/>
- De Burca, J. (2023, August 17). Membina Masa Depan: Bagaimana teknologi merevolusikan industri pembinaan. Constructive Voices. [https://constructive-voices.com/ms/membina-masa-depan-bagaimana-teknologi-merevolusikan-industri-pembinaan/?utm\\_source](https://constructive-voices.com/ms/membina-masa-depan-bagaimana-teknologi-merevolusikan-industri-pembinaan/?utm_source)
- Durlik, I., Miller, T., Cembrowska-Lech, D., Krzemińska, A., Złoczowska, E., & Nowak, A. (2023). Navigating the Sea of Data: A Comprehensive review of data analysis in Maritime IoT applications. *Applied Sciences*, 13(17), 9742.
- Edirisinghe, R., Andamon, M., & Ghanem, A. (2022). *Exploring the thermal conditions in construction sites through IoT-based methodologies*.
- Ejaz, W., Anpalagan, A., Imran, M. A., & Jo, M. (2018). *Internet of Things (IoT) in 5G wireless communications*. Cham: Springer. Emerging Topics in Computing, 3(4), 585-598. *Environmental Research and Public Health*, 19.

- Garyaev, A., & Garyaeva, V. (2023). *Optimization of safety on construction sites by using artificial intelligence to recognize construction equipment*.
- Guo, H., Hu, Y., & Fang, D. (2020). Barriers to Implementing Internet of Things Technologies in Construction Projects *Journal of Management in Engineering*, 36(1), 04019039.
- Häikiö, J., Kallio, J., Mäkelä, S. M., & Keränen, J. (2020). IoT-based safety monitoring from the perspective of construction site workers. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*, 4(1), 1-14.
- Honrubia, M. (2017). *Internet Saling Berhubung (IoT) in the Construction Industry: 3 Sectors* [https://ijooes.fe.up.pt/article/view/21840954\\_004.001\\_0001](https://ijooes.fe.up.pt/article/view/21840954_004.001_0001) )
- <https://www.iotforall.com/iot-keeps-construction-sites-safe-and-secure> Perera, C., Liu, C. H., & Jayawardena, S. (2015). The Emerging Internet of Things *Intelligent manufacturing*. Industrial Electronics Handbook, 4, 1-19.
- Internet of Things (IoT), Building Information Modeling (BIM), and Digital Twin (DT) in the construction industry: A review, bibliometric, and network analysis*.
- Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Malaysia. (2018, April 1). *Tapak Selamat Bil. 2, Tahun 2018: Awasi langkah anda*. Retrieved from <https://www.dosh.gov.my/index.php/list-of-documents/osh-info/construction-safety/e-buletin/2018-1/2916-bil-2-2018-awasi-langkah-anda/file>
- Jin, R., Zhang, H., Liu, D., & Yan, X. (2020). IoT-based detection, location, and alarming of unauthorized intrusion on construction sites. *Automation in Construction*, 118, 103278. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(5), 04021025.
- Kapoor, M. (2023, November 21). *IoT in Construction: Revolutionizing the Industry with Smart Technology*. Digital Product Insights. <https://www.cognitiveclouds.com/insights/iotapplications-in-construction-infrastructure>
- Kim, S., Lee, J., & Park, C. (2020). "Enhancing Construction Site Emergency Responses Using IoT-Enabled Location Tracking." *Safety Science*, 128, 104758.
- Kumar, A., Sharma, S., Goyal, N., Singh, A., Cheng, X., & Singh, P. (2021). *Secure and energy-efficient smart building architecture with emerging technology IoT*.
- Kumar, G., Singh, R., Gehlot, A., & Akram, S. (2022). *LoRa-enabled Real-time Monitoring of Workers in a Building Construction Site*.
- Lee, D., & Park, H. (2020). *The role of IoT in construction safety: Real-time monitoring and risk mitigation*. *Construction Safety Journal*, 12(3), 45-60.
- Lee, Y., Jung, S., Kang, K., Ryu, H., & Ryu, H. (2023). *Deep learning-based framework for monitoring the wearing of personal protective equipment on construction sites*.
- Lekan, A., Clinton, A., Stella, E., Moses, E., & Biodun, O. (2022). Construction 4.0 application: Industry 4.0, Internet of Things, and lean construction tools' application in the quality management system of residential building projects. *Buildings*, 12(10), 1557.
- Leong, K. S., Ng, M. L., & Engels, D. W. (2005). *EPC Network Architecture*. Retrieved from <http://www.autoidlabs.org/uploads/media/AUTOIDLABSWP-SWNET012.pdf>.
- Li, X., Wu, P., & Chen, C. (2021). *A comprehensive review of Internet of Things technologies and applications in the construction industry*. *Sustainable Cities and Society*, 70, 102949.
- Liao, H., Palen, J., & Bartelt, T. (2017). *Cost-effective monitoring solutions for improving job site safety using Internet of Things technology*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(11), 04017086. *Marketplace From an Industrial Perspective: A Survey*. IEEE Transactions on
- Martinez, A., Gomez, P., & Lopez, J. (2020). "IoT Training in Construction: Bridging the Gap Between Technology and Workers." *International Journal of Construction Education and Research*, 16(3), 215-229.
- Melita, Io. (2023, May 17). *IoT keeps construction sites safe and secure*. *IoT for All*.
- Perera, C., Liu, C., & Jayawardena, S. (2015). *The Emerging Internet of Things Marketplace Perinatology*, 41, 2552 - 2560.

- Phannil, P., & Jettanasen, S. (2021). Assessment of Challenges to the Adoption of IoT for Safety Management in Small Construction Projects in Malaysia: A Structural Equation Modeling Approach. *Applied Sciences*. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/18/8371>
- Prezi, T. C. C. O. (n.d.). kajian keberkesanan penggunaan teknologi rfid dalam pengawalan keselamatan bahan binaan di tapak bina. [https://prezi.com/p/e863ijgmggzn/kajian-keberkesanan-penggunaan-teknologi-rfid-dalam-pengawalan-keselamatan-bahan-binaan-di-tapak-bina/?utm\\_source](https://prezi.com/p/e863ijgmggzn/kajian-keberkesanan-penggunaan-teknologi-rfid-dalam-pengawalan-keselamatan-bahan-binaan-di-tapak-bina/?utm_source)
- Pustovit, S., & Williams, E. (2010). *Philosophical Aspects of Dual Use Technologies*. *Science and Engineering Ethics*, 16, 17-31.
- Qualitative research methods: Liamputtong, Pranee, 1955- : Free Download, Borrow, and Streaming: Internet Archive. (2005). Internet Archive. <https://archive.org/details/qualitativeresea0002liam>
- Ravi, D., Tawfik, D., Sexton, J., & Profit, J. (2020). *Changing safety culture*.
- S. (2022). *Investigating the Barriers to Applying the Internet-of-Things-Based Technologies to Construction Site Safety Management*.
- Salleh, M., Khairani, M. Z., & Mohd Rafee, Y. (2023). Validity and reliability of a needs analysis questionnaire instrument for the development of DiD-Art applications for drawing art in secondary schools: Kesahan dan kebolehppercayaan instrumen soal selidik analisis keperluan pembangunan aplikasi DiD-ART untuk seni lukisan di sekolah menengah. *KUPAS SENI*, 11(1), 16–21.
- Shishehgharkhaneh, M. B., Keivani, A., Moehler, R. C., Jelodari, N., & Laleh, S. R. (2022).
- Smith, J., & Johnson, A. (2021). "The Role of IoT in Enhancing Safety in Construction Sites."
- Smith, J., & Johnson, A. (2023). *The Role of Secondary Data in Social Science Research*.
- Smith, J., & Kumar, R. (2019). *Enhancing Worker Safety with IoT-Enabled Devices in Construction*. *International Journal of Occupational Safety*, 10(2), 78-89.
- Sreenivasaraja, N., Velmurugan, G., L., S., & V., M. (2023). *Innovative Method for Accident Prevention in Construction Sites with Virtual Reality Analysis*.
- Syafiqah, S., & Yahya, M. Y. (2020). Penggunaan Internet of Things (IoT) dalam industri pembinaan di Malaysia. *Research in Management of Technology and Business*, 1(1), 482–498. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia Publisher. <https://doi.org/10.30880/rmtb.2021.01.01.038>
- Syntek Smart Technology Co., Ltd. (2023, September 13). RFID dan teknologi Internet Perkara lain digunakan dalam bantuan selepas bencana. Syntek Smart Technology Co., Ltd. <https://my.syntekrfid.net/news/rfid-and-other-internet-of-things-technologies-71562329.html> Tabatabaee, S., Mohandes, S., Ahmed, R., Mahdiyari, A., Arashpour, M., Zayed, T., & Ismail,
- Tan, Y., & Lim, S. (2021). "Mandatory IoT Adoption in Construction: A Singaporean Perspective." *Built Environment Project and Asset Management*, 11(5), 892-908.
- Tang, Y., Zhang, L., & Gao, L. (2015). *Construction Safety Risk Mitigation Using Internet of Things Technology*. *Automation in Construction*, 59, 70-80.
- Transforming On-Site Operations - smart structures*. *Smart Structures - Just another WordPress site*. <https://smart-structures.com/smart-construction-sites-how-ai-and-robotics-are-transforming-onsite-operations/>
- Universiti Teknologi Malaysia. (2024, November 7). MyREDS: Transforming Community Management and Safety Systems with IoT Technology. Universiti Teknologi Malaysia. <https://news.utm.my/ms/2024/11/myreds-transformasi-sistem-pengurusan-dan-keselamatan-komuniti-dengan-teknologi-iot/>
- Wahab, N. B. A. (n.d.). *Laman Web Rasmi Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan Malaysia - Kes Kemalangan Maut*. <http://202.75.5.148/index.php/ms/keskemalanganmaut>
- Waqar, A., Khan, M., Shafiq, N., Skrzypkowski, K., Zagórski, K., & Zagórska, A. (2023).
- World Economic Forum. (2021). "Digital Transformation in Construction: A Global Perspective." Retrieved from <https://www.weforum.org>
- Work Zone Safety Clearinghouse. (2024, May 1). *An IoT-based Autonomous System for Workers' Safety in Construction Sites with Real-Time Alarming, Monitoring, and Positioning Strategies — Work Zone Safety*

*Information Clearinghouse.* <https://workzonesafety.org/publication/iot-based-autonomous-systemworkersafetyconstruction-sites-real-time-alarming-monitoring-positioning-strategies/>

- Xu, L., Li, H., & Luo, X. (2023). Smart Safety Equipment for Construction Workers: Development and Applications. *Journal of Safety Research*.
- Yang, X., Yu, Y., Shirowzhan, S., Sepasgozar, S., & Li, H. (2020). *Automated PPE-Tool Pair Check System for Construction Safety Using Smart IoT*. *Journal of Building Engineering*, 32, 11721. Yitmen, I., Kovacic, I., & Tagliabue, L. C. (2023). Editorial: *Cognitive digital twins for facilitating construction 4.0: Challenges and opportunities for implementation*. *Frontiers in Built Environment*, 9.
- Zakaria, Z. F., & Yahya, M. Y. (2023). Cabaran penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) dalam industri pembinaan di Malaysia. *Research in Management of Technology and Business*, 4(1), 850–861.
- Zhang, J., Yang, Q., & Chen, L. (2014). *Industrial IoT technologies and applications in*
- Zhang, L., Wang, Y., & Liu, H. (2022). "IoT Applications in Construction Site Safety Management: A Case Study from China." *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(4), 04022016.
- Zhang, Y., & Huang, T. (2021). Cybersecurity Risks and Countermeasures in the Internet of Things for Construction Engineering. *Journal of Building Engineering*, 44, 103307.
- Zhong, B., Li, H., Luo, H., Zhou, J., Fang, W., & Xing, X. (2020). Ontology-Based Semantic Modelling of Knowledge in Construction: Classification and identification of hazards implied in images. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(4).