

Kajian Aplikasi Dron dalam Pengawasan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina

Nur Safirah Johan Adzhar¹, Narimah Kasim^{1,2,*}, Ahmad Hamdan Ariffin³ & Mohd Faiz Shapiai⁴

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

²Center of Project, Property & Facilities Management Services, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

³Jabatan Kejuruteraan Aeronautik, Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dan Pembuatan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

⁴Pejabat KPKR, Tingkat 33, Blok G, Ibu Pejabat JKR Malaysia, Jalan Sultan Salahuddin, Kuala Lumpur, 50480 MALAYSIA

*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2023.04.01.075>

Received 31 March 2023; Accepted 30 April 2023; Available online 1 June 2023

Abstract: The construction industry is an important sector in driving the national economic development in Malaysia. However, emphasis on the importance of worker safety issues in the construction industry throughout Malaysia needs to be addressed. Although various acts, laws and regulations have been introduced by stakeholders but there are still accidents occurring on construction sites. Due to that, drone technology has the potential to reduce the rate of increase in accidents that occur during construction work. Therefore, this study was conducted to identify the potential, examine the main problems and steps to improve the application of drones in the control of worker safety at construction sites in the construction industry in Malaysia. Data was collected using a qualitative method using semi-structured interview questions with G7 contractors who were directly involved in controlling the safety of workers on construction sites. In Selangor, a total of 3026 G7 contractors registered in the construction sector and more than 50 respondents were contacted. However, only 4 respondents were interviewed. The findings revealed that the potential of drones in the control of worker safety is data collection. One of the primary challenges with drone applications is their resilience to present weather and endeavors to improve drone applications are initiatives of the Malaysian Digital Economy Corporation (MDEC). In conclusion, this study can enlighten those working in the

construction sector on how drones might be used to manage worker safety concerns in Malaysia in the future.

Keywords: Construction site, Contractor G7, Drone, Employee, Security Control

Abstrak: Industri pembinaan merupakan sektor penting dalam mengerakkan pembangunan ekonomi negara di Malaysia. Namun, penekanan terhadap kepentingan isu keselamatan pekerja dalam industri pembinaan di seluruh Malaysia perlu ditangani. Walaupun pelbagai akta, undang-undang dan peraturan telah diperkenalkan oleh pihak berkepentingan tetapi masih terdapat kemalangan berlaku di tapak bina. Justeru itu, teknologi dron berpotensi mengurangkan kadar peningkatan kemalangan yang berlaku semasa kerja-kerja pembinaan dijalankan. Oleh itu, kajian ini dilakukan bagi mengenalpasti potensi aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina, mengkaji masalah utama aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina dan langkah-langkah meningkatkan aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina dalam industri pembinaan di Malaysia. Sasaran responden yang dipilih bagi kajian ini adalah beberapa syarikat kontraktor G7 yang menggunakan dron di negeri Selangor. Data primer bagi kajian ini akan dikumpul menggunakan kaedah kualitatif iaitu menggunakan soalan temu bual semi struktur bersama kontraktor G7 yang terlibat secara langsung dalam mengawal keselamatan pekerja di tapak bina seperti pegawai keselamatan, pengurus tapak, pengurus projek dan lain-lain. Maklumat bagi data sekunder akan diperolehi melalui pelbagai rujukan seperti buku, jurnal, akhbar dan sebagainya. Kesemua data yang dikumpul dianalisis menggunakan kaedah analisis kandungan dalam bentuk jadual bagi ketiga-tiga objektif kajian ini. Hasil dapatan kajian mendapati bahawa tahap pengetahuan teknologi dron di kalangan pihak kontraktor dalam mengawal isu keselamatan pekerja di tapak bina dapat diaplikasikan. Kesimpulannya, kajian ini dapat memberi pendedahan terhadap aplikasi dron dalam mengawal isu keselamatan pekerja dalam sektor pembinaan di Malaysia pada masa akan datang.

Kata Kunci: Dron, Kontraktor G7, Pekerja, Pengawalan keselamatan, Tapak bina

1. Pengenalan

Teknologi dron merupakan salah satu teknologi robotik yang digunakan dalam industry pembinaan. Dron telah banyak digunakan dalam industri pembinaan pada masa kini di mana penggunaannya dalam pelbagai aspek seperti pembangunan projek, pengurusan projek, pemantauan projek dan pemeriksaan semasa dalam fasa pembinaan (Sansons, 2019). Dron sebaliknya menjadi alat komersial yang sesuai dengan kegunaan dalam pelbagai sektor termasuk pertanian, perlombongan dan lain-lain. Penggunaan dron dalam industri pembinaan telah digunakan bagi menggantikan kren atau helicopter bagi aktiviti pemantauan di kawasan pembinaan (Danielak, 2018). Keupayaan dron sebagai alat pemantauan dilengkapi dengan kamera resolusi tinggi bagi tujuan pengambilan imej 3-Dimensi, rakaman video, alat penjejak (GPS) dan frekuensi radio (RFID) semasa kerja-kerja pembinaan (Tatum & Liu, 2017). Hal ini menunjukkan bahawa teknologi dron mempunyai pelbagai fungsi aplikasi yang boleh membantu dalam menjalankan projek dan menjadikan fasa pembinaan berjalan dengan lebih lancar dan berkesan. Secara umumnya, penggunaan dron boleh diaplikasikan bagi memantau keselamatan pekerja di tapak bina bagi sesuatu projek pembinaan (Danielak, 2018). Tambahan pula, penglibatan pekerja merupakan aspek utama dalam projek pembinaan bagi mencapai matlamat projek (Omar & Nehdi, 2016). Oleh itu, kajian ini memfokuskan kontraktor G7 yang terdiri di kalangan pegawai keselamatan, pengurus tapak, pengurus projek dalam mengawal keselamatan di tapak pembinaan. Pelaksanaan sistem kawalan keselamatan yang cekap, berkesan dan berterusan merupakan salah satu aspek yang perlu dalam memastikan keselamatan pekerja dan mengurangkan kadar kemalangan yang berlaku di kawasan tapak pembinaan. Pemeriksaan keselamatan tapak juga adalah antara yang perlu dititikberatkan melalui

pemantauan dan secara tidak langsung dapat mengenalpasti keadaan tapak bina yang lebih selamat daripada risiko bahaya (Nikolaos, 2010). Dengan menggunakan teknologi dron ini serba sedikit dapat mendedahkan pendekatan baru bagi melaksanakan strategi pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina dengan selamat.

Dron merupakan teknologi robotik yang berkembang pesat dalam industri pembinaan di seluruh dunia bagi membantu meningkatkan produktiviti kerja-kerja pembinaan (Joyce, 2019). Teknologi dron dikenali sebagai kenderaan udara tanpa pemandu yang telah diperkenalkan oleh tentera Amerika Syarikat dimana ianya berupaya membuat penerbangan dari jarak jauh untuk membantu mengawal dan memantau pengurusan projek di tapak bina dengan berkesan (Tan *et al.*, 2021). Menurut Memon *et al.* (2006), pengawalan keselamatan pekerja merupakan salah satu kaedah yang tepat dalam memastikan keadaan tapak bina sentiasa dalam keadaan selamat. Di samping itu, pengawalan dan pemantauan keselamatan pekerja terhadap kerja-kerja pembinaan di tapak bina memerlukan penguatkuasaan undang-undang keselamatan pekerja bagi melaksanakan sesuatu aktiviti dilaksanakan dengan selamat. Penggunaan teknologi dron dilihat sebagai teknologi alternatif yang dapat membantu mengawal keselamatan pekerja dengan efektif terutamanya dalam sektor pembinaan.

Perkembangan teknologi menjadikan dron digunakan secara meluas dan mempunyai keupayaan untuk mengumpulkan data di kawasan yang tidak selamat dan sukar diakses oleh pekerja di tapak binaan (Danielak, 2018). Kemalangan di tapak pembinaan bukan sahaja mengakibatkan kecederaan dan kematian pada pekerja malah ia juga mempengaruhi keseluruhan projek pembinaan dalam pemasaran industri pembinaan. Tambahan pula, keupayaan teknologi dron dalam mengumpulkan pelbagai data visual dalam tempoh masa yang singkat memudahkan kerja-kerja binaan seperti pemantauan aktiviti pekerja di tapak bina (Mosly, 2017). Setiap projek pembinaan yang dijalankan mampu mendedahkan pekerja kepada risiko kemalangan di tapak bina. Justeru itu, beberapa masalah utama keselamatan dapat dikesan iaitu kecuaiannya pekerja tidak memakai alat pelindung diri (PPE), kegagalan dalam pengurusan bahan binaan, keadaan persekitaran yang tidak selamat, pembinaan bangunan tinggi, penggunaan jentera dan kren merupakan isu yang sering berlaku (Bhole, 2016). Memang tidak dinafikan industri pembinaan telah memberikan sumbangan yang besar kepada pembangunan ekonomi negara.

Pada masa yang sama, industri pembinaan berorientasikan buruh melibatkan sejumlah besar pekerja yang terdedah kepada risiko bahaya termasuk bangunan tinggi, haba elektrik, objek tajam yang bergerak, lif, bahan kimia, habuk, bunyi dan ruang.terhad memerlukan penggunaan teknologi canggih untuk mengawal keselamatan pekerja di tapak bina (Salim, 2012). Menurut Tatum & Liu (2017), beberapa faktor seperti kerosakan atau kehilangan kuasa bateri boleh menyebabkan kemalangan dron terhempas di kawasan pembinaan tanpa sebarang amaran. Kemalangan seperti kecederaan melibatkan pekerja serta kerosakan harta benda di tapak pembinaan boleh berlaku sekiranya dron tidak terkawal. Mengikut kapasiti jangka hayat bateri dron yang menghadkan masa penerbangan tempoh masa yang dibenarkan adalah kira-kira 30 minit sahaja kerana menyukarkan kerja-kerja pembinaan (Fang *et al.*, 2017). Tambahan pula, dron tidak boleh berfungsi dalam keadaan panas atau sejuk kerana sukar untuk memantau keadaan tapak bina. Oleh yang demikian, isu keselamatan perlu ditekankan dalam sektor pembinaan. Walaubagaimanapun, pelaksanaan dron dalam industri pembinaan masih tidak selamat dan terdapat beberapa isu yang mesti ditangani sebelum ia boleh digunakan. Oleh itu objektif kajian ini adalah untuk mengenalpasti potensi, masalah-masalah dan langkah-langkah yang boleh diambil bagi meningkatkan penggunaan aplikasi dron dalam mengawal keselamatan pekerja di tapak bina pada masa akan datang dalam kalangan kontraktor.

2. Kajian Literatur

2.1 Pengawalan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina

Tapak bina merupakan premis, kawasan atau lokasi yang ditentukan oleh Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB) dimana kerja-kerja pembinaan dijalankan (CIDB, 2019). Industri pembinaan merupakan salah satu bidang yang sangat penting diperlukan di setiap negara kerana ianya membantu dalam kemajuan ekonomi negara (Abedi *et al.*, 2011). Di samping itu, projek pembinaan sering menghadapi masalah seperti kelewatan masa, kos berlebihan, penjana sisa bahan binaan yang tidak teratur, kelemahan keselamatan, kekurangan kualiti dan ancaman kepada alam sekitar. Menurut Gould (2012), pengawalan keselamatan adalah proses berasaskan tindakan yang memerlukan pemantauan berterusan terhadap operasi fasa pembinaan. Selain itu, pengawalan keselamatan juga berfungsi mengintegrasikan kualiti kerja dan peruntukan masa bagi memantau, mengukur dan mengawal prestasi sesebuah tapak pembinaan (Pico, 2013). Manakala, tindakan pengawalan termasuklah langkah-langkah pembetulan seperti tugas-tugas penjadualan semula, perubahan reka bentuk kerja dan memperuntukkan sumber tambahan bagi langkah keselamatan di tapak bina (Isaac & Navon, 2014). Menurut Osman *et al.* (2017) pengurusan keselamatan terhadap tahap keselamatan di tapak binaan merupakan salah satu strategi yang penting bagi mencapai matlamat syarikat atau organisasi. Pada masa yang sama, ianya dapat mengurangkan risiko kemalangan dan dapat meningkatkan produktiviti pekerja dalam melakukan kerja-kerja pembinaan serta meningkatkan imej organisasi pembinaan yang terlibat.

2.2 Teknologi Dron

Perkembangan teknologi menjadikan dron digunakan secara meluas untuk keperluan awam, terutamanya dalam bidang perniagaan, industri dan logistik (Ayob, 2017). Penggunaan dron dalam industri pembinaan adalah antara teknologi robotik yang telah berjaya digunakan dalam proses pembinaan di Malaysia. Menurut Pastor *et al.* (2007), menyifatkan dron sebagai sebuah sistem yang kompleks dimana terdiri daripada beberapa sub-komponen utama yang bekerjasama secara serentak untuk mendapatkan pemerhatian yang bermutu tinggi. Beberapa syarikat telah menggunakan dron sebagai sebahagian daripada kit harian telah melihat pelbagai manfaat yang besar dalam projek pembinaan. Tambahan pula, dron telah menjadi peralatan yang digunakan oleh kontraktor bagi menjejak, mengambil pelan, menyelidik, memantau dan mengendalikan tapak bina dengan lebih efisien dan selamat (Irizarry *et al.*, 2012). Menurut pihak berkuasa penerbangan nasional Malaysia, Pihak Berkuasa Penerbangan Awam Malaysia (CAAM), menerbangkan dron adalah sah di Malaysia dengan mengikut undang-undang dron semasa penerbangan (Malaysia Drone Laws, 2022). Walaubagaimanapun, perkembangan pembaharuan teknologi dijangka akan menyebabkan peningkatkan kegunaan dron dalam industri pembinaan pada masa akan datang (Tatum & Liu, 2017).

2.3 Potensi Aplikasi Dron dalam Pengawalan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina

Jadual 1: Potensi aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina

Bil.	Potensi Aplikasi Dron Dalam Pengawalan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina	Pengarang
1	Pengumpulan data	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tatum (2017) ▪ Desjardins (2016)
2	Fotografi udara	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caillouet (2019) ▪ Danielak (2018) ▪ Ahmad (2013)
3	Pemeriksaan dan pemantauan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lawson (2019) ▪ Son dan Kim (2010)
4	Pemantauan keselamatan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Osman <i>et al.</i> (2017) ▪ Memon <i>et al.</i> (2006)

(a) Pengumpulan data

Dron digunakan bagi aktiviti pengumpulan data dimana sistem pengesanan jauh (LiDAR) yang terdapat di dalam dron mampu melakukan tinjauan yang cepat (Tatum *et al.*, 2017). Ini menunjukkan penggunaan dron dapat membantu menghasilkan model 3-dimensi bagi kawasan yang lebih luas. Jenis perisian yang digunakan amat penting dan akan memberikan perbezaan kepada aplikasi penggunaan dron walaupun dron digunakan bagi pengambilan data (Desjardins, 2016). Menurut Caillouet (2019), dron mempunyai pelbagai jenis pengumpulan data dan maklumat seperti perubahan dalam kelajuan, jarak, suhu, angin, isyarat, cahaya, bunyi, dan juga boleh mengenal pasti kehadiran objek magnet.

(b) Fotografi udara

Pengambilan gambar-gambar dari ruang udara amat penting bagi sektor pembinaan untuk beberapa aspek seperti gambar dan video bagi tujuan promosi, gambar semasa proses pembinaan, gambar-gambar pemantauan kerja dan juga gambar bagi kegunaan dokumentasi. Penggunaan dron dapat memberikan banyak manfaat kepada syarikat-syarikat pembinaan yang telah bertukar daripada penggunaan kren dan helikopter kepada penggunaan dron dan kamera berkualiti tinggi bagi tujuan pengambilan gambar dan video pembangunan (Danielak, 2018). Imej daripada dron juga sangat membantu pekerja dalam industri infrastruktur dalam menentukan sama ada struktur tanah sesuai untuk pembinaan dan isu-isu yang mungkin perlu dipantau atau ditangani dalam projek yang dicadangkan. Teknologi dron membantu jurutera mendapatkan data yang tepat dari bawah tanah dan membantu mereka bentuk jalan dan sistem bangunan yang selamat. Dalam fotogrametri udara, perancangan penerbangan mesti dirancang dengan teliti dan dilaksanakan untuk mendapatkan hasil yang baik. Tugas terpenting fotogrametri udara adalah untuk membentuk bantuan dalam penghasilan peta topografi. Keperluan utama untuk penggunaan rasional fotogrametri ialah jenis dan toleransi peta yang dikehendaki ditentukan dengan jelas pada peringkat awal prosedur kerja (Ahmad, 2013).

(c) Pemeriksaan dan pemantauan

Pemantauan semasa pengawalan keselamatan adalah salah satu elemen penting bagi memastikan keadaan tapak pembinaan selamat dan terhindar daripada sebarang risiko berbahaya (Lawson, 2019). Sistem dron yang dilengkapi dengan kamera dan rakaman video mahupun sensor membolehkan pihak yang terlibat semasa pembinaan seperti jurutera atau pengurus projek memantau kerja-kerja semasa pembinaan melalui sistem tanpa perlu bergerak ke kawasan yang perlu dipantau. Menurut Son dan Kim (2010), hasil yang perlu didapati daripada pemeriksaan dan pemantauan kemajuan yang dilaksanakan di tapak bina mestilah mampu mengesan sebarang kesilapan yang berlaku di tapak bina untuk membolehkan tindakan pembetulan dapat dibuat tepat pada masanya dan sudah semestinya suatu prosedur yang amat pantas adalah kunci utama. Penggunaan dron semasa pemeriksaan tapak pembinaan juga boleh mengurangkan risiko kemalangan dan meningkatkan keselamatan pekerja.

(d) Pemantauan keselamatan

Pegawai keselamatan bertanggungjawab menjalankan pemantauan terhadap pekerja di mana sentiasa melakukan pemerhatian di tapak pembinaan dan melakukan pemerhatian terus bagi memastikan pekerja mematuhi etika keselamatan di tempat kerja (Osman *et al.*, 2017). Penggunaan teknologi dron dalam membantu pengawalan keselamatan di tapak bina dapat membantu pihak yang terlibat secara langsung di tapak pembinaan terutama kawasan pembinaan yang luas dan mempunyai banyak bahagian. Dron boleh mengesan terhadap keadaan berbahaya seperti bahan dan struktur yang tidak stabil, tanpa meletakkan pekerja dalam risiko. Sistem yang digunakan oleh dron juga lebih cekap dalam menjalankan pemeriksaan tapak di kawasan terpencil dan juga mengesan sebarang pelanggaran di tapak pembinaan. Pemantauan yang cekap dan berkesan telah menjadi keutamaan yang sangat tinggi pada masa kini. Pemantauan yang sistematik dan pengawalan pengaliran maklumat merupakan perkara paling penting dalam kitaran hidup sesebuah projek pembinaan untuk pemantauan keselamatan kerja-kerja yang perlu dilaksanakan, membantu membuat keputusan, dan menganalisis kemajuan fizikal (Memon *et al.*, 2006).

2.4 Masalah-Masalah Utama Aplikasi Dron dalam Pengawalan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina

Jadual 2: Masalah-masalah utama aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina

Bil.	Masalah-Masalah Utama Aplikasi Dron dalam Pengawalan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina	Pengarang
1	Kekurangan pengendalian operasi dron	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costa <i>et al.</i> (2016) ▪ Melo <i>et al.</i> (2017)
2	Masa operasi penerbangan yang terhad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Opfer & Shields (2014)
3	Ketahanan dron terhadap cuaca semasa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siebert & Teizer (2013) ▪ Janssen (2015)
4	Sekatan undang-undang dan peraturan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kim & Irizarry (2016) ▪ Opfer & Shields (2014) ▪ Tatum & Liu (2017)
5	Pencerobohan hak privasi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Freimuth & König (2015) ▪ Chloe (2016) ▪ Schreiber & Ostiari (2014) ▪ Wilson (2014) ▪ Clarke (2014)

(a) Kekurangan pengendalian operasi dron

Menurut Opfer dan Shields (2014), operasi penerbangan dron yang berkesan memerlukan pekerja yang mempunyai kemahiran dan pengalaman. Faktor meteorologi dan latihan juruterbang adalah suatu perkara yang mempengaruhi penggunaan dron dalam membuat pemeriksaan keselamatan (Costa *et al.*, 2016). Sebagai pengendali dron harus mengetahui objektif penerbangan bagi memastikan dron diterbang dengan selamat (Melo *et al.*, 2017). Oleh itu, kekurangan pengendali dron yang terlatih merupakan salah satu cabaran bagi mengaplikasikan teknologi dron dalam pengawalan projek pembinaan. Tambahan pula, operator dron juga perlu arif tentang penggunaan dron dan kemahiran untuk mengelilingi kawasan pembinaan dengan menggunakan dron memandangkan fungsi utama dron adalah untuk pengambilan gambar, video, aktiviti pemantauan dan pemetaan kawasan pembinaan yang mempunyai keluasan yang agak besar.

(b) Masa operasi penerbangan yang terhad

Masa penerbangan yang singkat merupakan salah satu halangan terbesar bagi penggunaan dron di kawasan pembinaan. Menurut Jassen (2015), dron kini perlu menyediakan banyak pek bateri semasa melakukan penerbangan kerana bateri dron perlu diganti dalam setiap 25 minit. Hal ini adalah kerana jangka hayat bateri yang tidak tahan lama telah menghadkan tempoh penerbangan dron (Siebert & Teizer, 2013). Oleh itu, kerja-kerja pengawalan keselamatan pekerja juga adalah terbatas.

(c) Ketahanan dron terhadap cuaca semasa

Keadaan cuaca panas, hujan atau angin yang kuat sekaligus menjejaskan pengumpulan data dalam proses pemetaan tiga dimensi. Sebagai contoh, keadaan cuaca yang panas, matahari yang terik dimana menghasilkan bayang-bayang dan silau telah mempengaruhi spesifikasi gambar sukar dielakkan dalam operasi penerbangan dron (Kim & Irizarry, 2016). Oleh itu, keadaan cuaca yang buruk telah menghalang dron berfungsi dengan baik dalam menjalankan pemantauan kawalan keselamatan pekerja di tapak bina. Menurut Opfer dan Shields (2014), dron yang hilang kawalan akan menyebabkan kemalangan berlaku dimana boleh mengakibatkan kejatuhan dan kerosakan harta benda. Kejadian ini

boleh berlaku sama ada di sekitar kawasan tapak bina atau di luar kawasan pembinaan (Tatum & Liu, 2017).

(d) Sekatan undang-undang dan peraturan

Kebanyakan pihak berkuasa masih belum melaksanakan undang-undang yang tetap bagi membenarkan penggunaan dron dalam industri pembinaan (Freimuth & König, 2015). Ketidakpastian mengenai undang-undang dan peraturan penggunaan dron merupakan salah satu batasan untuk penggunaan aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina (Chloe, 2016). Oleh itu, undang-undang dan peraturan yang sentiasa berubah ataupun tidak jelas mendorong penyalahgunaan teknologi dron yang tidak sah.

(e) Pencerobohan hak privasi

Teknologi dron boleh mencetuskan kehidupan peribadi seseorang dengan melalui tangkapan gambar dan rakaman video serta pengumpulan maklumat (Schreiber & Ostiari, (2014). Selain itu, dron yang digunakan bagi tujuan komersil termasuk aktiviti pemantauan dan pengawalan lalu lintas atau penghantaran barangan boleh melanggar hak dan kebebasan individu (Wilson, 2014). Menurut Clarke (2014) yang menyatakan penggunaan dron mempunyai kebarangkalian mendatangkan bahaya kepada manusia dan juga harta benda berdasarkan kepada kemalangan yang melibatkan kegagalan pengawalan dron.

2.5 Langkah-Langkah Bagi Meningkatkan Aplikasi Dron Dalam Pengawalan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina

Jadual 3: Langkah-langkah bagi meningkatkan aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina

Bil.	Langkah-Langkah Bagi Meningkatkan Aplikasi Dron dalam Pengawalan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina	Pengarang
1	Inisiatif Perbadanan Ekonomi Digital Malaysia (MDEC)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ MDEC (2020) ▪ Cheong (2019) ▪ Janssen (2015)
2	Penambahbaikan ciri-ciri dron	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cheong (2019) ▪ Accenture (2016)
3	Menyediakan peruntukan kos penggunaan dron	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Janssen (2015)
4	Inisiatif Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CIDB (2017)

(a) Inisiatif Perbadanan Ekonomi Digital Malaysia (MDEC)

Perbadanan Ekonomi Digital Malaysia (MDEC) perlu mewujudkan kursus latihan kemahiran digital kepada pihak-pihak kontraktor yang terlibat seperti pengurus tapak atau pengurus projek bagi menyokong peningkatan kemahiran dan latihan semula bakat Malaysia, dalam menuju ke arah pemulihan ekonomi negara dalam industri pembinaan (MDEC, 2020). Walaubagaimanapun, program seperti ini perlu diadakan bagi menyedarkan para kontraktor tentang kelebihan aplikasi dron dalam industri pembinaan (Cheong, 2019). Dengan ini, para kontraktor akan lebih memahami faedah dan cara aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja dengan lebih berkesan melalui latihan kemahiran dron. Menurut Janssen (2015), pengguna dron yang kekurangan pengetahuan tentang kemungkinan aplikasi dron dalam industri pembinaan menyebabkan kekurangan aplikasi teknologi dron dalam industri pembinaan. Teknologi ini disyorkan kepada kontraktor G7 tentang aspek teknikal dan latihan kaedah pengendalian dron di tapak pembinaan yang selamat untuk meningkatkan pelaksanaan dron dalam industri pembinaan.

(b) Penambahbaikan ciri-ciri dron

Teknologi dron dapat memberi kesan positif kepada industri pembinaan. Penambahbaikan ciri-ciri teknologi akan menjadikan dron lebih pantas, lebih kuat dan lebih selamat. Inovasi baru-baru ini seperti sel-sel bahan api hidrogen diaplikasikan dalam dron bagi membolehkan dron terbang dengan lebih lama (Accenture, 2016). Oleh hal yang demikian, model-model baru dron dikeluarkan di pasaran dalam masa yang terdekat. Dron yang dilengkapi dengan lebih banyak ciri akan membantu dalam kerja-kerja pembinaan (Cheong, 2019). Dron yang terbang secara automatik akan menyumbang banyak faedah dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina.

(c) Menyediakan peruntukan kos penggunaan dron

Menurut Janssen (2015), kos penggunaan teknologi dron dalam industri pembinaan adalah tinggi. Ini kerana dron yang diperlukan dalam industri pembinaan adalah lebih profesional berbanding daripada penggunaan dron biasa seterusnya alat-alat ganti yang terlalu mahal. Selain itu, menggunakan dron profesional juga dikehendaki mengikuti latihan kemahiran khas bagi memastikan teknologi dron berfungsi dengan baik dan kos bagi mengikuti latihan ini memerlukan kos yang sangat tinggi. Inisiatif dalam pengurangan kos dron profesional dan kos latihan kemahiran perlu dipertimbangkan bagi meningkatkan penggunaan aplikasi teknologi dron dalam industri pembinaan.

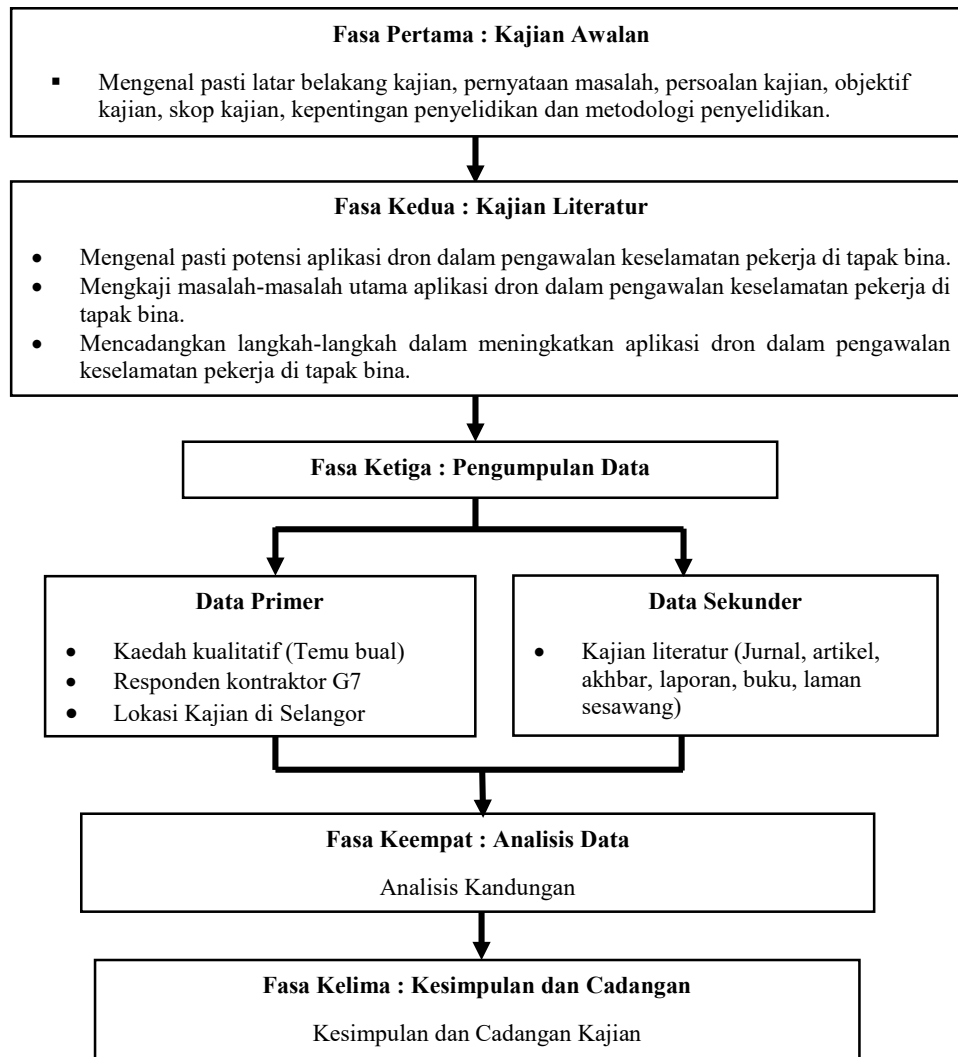
(d) Inisiatif Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB)

Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB) perlu membantu dalam memperkenalkan teknologi baru kepada kontraktor binaan dalam meningkatkan produktiviti di samping membantu meningkatkan keselamatan pekerja dalam mengenalpasti keadaan risiko tapak bagi sesuatu projek (CIDB, 2017). Dron digunakan sebagai alat bagi membantu pegawai keselamatan dan pengurus tapak mendapatkan pandangan dari atas secara selamat. Justeru itu, dron yang lebih besar membantu dalam pengurusan mengangkat bahan binaan yang berat dan ini dapat mengurangkan kemungkinan kemalangan semasa proses mengangkat bahan binaan secara manual oleh pekerja.

3. Metodologi Kajian

3.1 Reka Bentuk Kajian

Metodologi Kajian menjelaskan kaedah yang digunakan oleh penyelidikan ini dan menyebut setiap fasa untuk menjalankan penyelidikan termasuk kajian awalan, kajian literatur, pengumpulan data, analisis data, kesimpulan dan cadangan. Semua komponen diterangkan secara terperinci. Reka bentuk kajian adalah prosedur dalam penyelidikan kuantitatif dan kualitatif yang digunakan dalam sesebuah kajian bagi mengumpul dan menganalisis data di mana pengkaji menjalankan satu tinjauan terhadap sampel atau keseluruhan populasi (Chua, 2011). Justeru itu, kajian ini akan menggunakan pendekatan kualitatif untuk mencapai matlamat dan objektif yang telah ditetapkan. Kaedah pengumpulan melalui kajian literatur dan temu bual adalah sesuai dalam kajian ini bagi memastikan data yang diperolehi tepat dan sesuai dengan tujuan kajian dilakukan. Terdapat lima fasa utama yang digunakan dalam menghasilkan kajian ini iaitu merangkumi kajian awalan, kajian literatur, pengumpulan data, analisis data, kesimpulan dan cadangan (Rajah 1).



Rajah 1: Proses penyelidikan

3.2 Pengumpulan Data

Terdapat dua jenis kaedah pengumpulan data bagi memperoleh hasil kajian ini iaitu data primer dan sekunder. Kedua-dua pengumpulan data ini akan digunakan untuk mendapatkan maklumat yang berkaitan dengan objektif kajian. Data primer kajian ini melalui kaedah soalan temu bual semi struktur dengan beberapa syarikat kontraktor gred G7 yang menggunakan dron di negeri Selangor. Kaedah temu bual yang dikemukakan termasuk soalan yang berkaitan latar belakang responden, potensi aplikasi dron, masalah-masalah utama aplikasi dron dan langkah-langkah meningkatkan aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina. Menurut Crewell (2019), data primer merangkumi pengambilan data dari pemerhatian, temu bual dengan individu yang terlibat, data statistik dan lain-lain. Data sekunder melalui kajian ini adalah melalui sumber data sedia ada melalui kajian literatur yang dikaji daripada pembacaan bahan bertulis seperti tesis, buku, jurnal, laporan, akhbar, laman web dan lain-lain yang berkaitan dengan kajian digunakan untuk mendapatkan maklumat. Menurut Hua (2016), data sekunder adalah data yang sedia ada dan telah dianalisis oleh pengkaji lain. Kajian rintis telah dibuat dan seramai lima orang telah mengambil bahagian dalam kajian rintis ini iaitu seorang kontraktor G7 dan empat orang pensyarah di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM).

3.3 Populasi dan Pensampelan Kajian

Dalam penyelidikan ini, populasi sasaran tertumpu kepada kontraktor Gred 7 (G7) di negeri Selangor yang berdaftar dengan Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan (CIDB). Kontraktor G7

merupakan kontraktor yang menjalankan amaun projek tanpa had. Sejumlah 3026 kontraktor G7 yang beroperasi secara aktif (CIDB, 2022). Namun, bilangan kontraktor G7 yang menggunakan dron dalam projek adalah terhad.

3.4 Instrumen Kajian

(a) Soalan Temu Bual (Semi Struktur)

Instrumen bagi kajian ini adalah berbentuk kualitatif iaitu soalan temu bual semi struktur (Rujuk Lampiran A). Empat bahagian soalan temu bual adalah seperti berikut.

- Bahagian A: Latar Belakang Responden
- Bahagian B: Potensi Aplikasi Dron dalam Pengawasan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina (Objektif 1)
- Bahagian C: Masalah-Masalah Utama Aplikasi Dron Dalam Pengawasan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina (Objektif 2)
- Bahagian D: Langkah-Langkah Bagi Meningkatkan Aplikasi Dron Dalam Pengawasan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina (Objektif 3)

3.5 Analisis Data

Data bagi kaedah kualitatif adalah dalam bentuk temu bual semi struktur dan data yang diperoleh tersebut adalah daripada pihak yang terlibat secara langsung dalam industri pembinaan (Kothari, 2004). Kajian ini dianalisis menggunakan analisis kandungan bagi menjawab ketiga-tiga objektif kajian. Dalam kajian ini, kaedah ini digunakan secara meluas kerana ia merupakan satu kaedah dalam bidang penyelidikan (Krippendorff, 2013).

4. Hasil Dapatan dan Perbincangan

4.1 Latar Belakang Responden

Terdapat empat responden di kalangan kontraktor G7 ditunjukkan dalam Jadual 4. Kesemua responden berpengalaman menggunakan dron dalam projek pembinaan dan semua syarikat berpangkalan di sekitar negeri Selangor. Latar belakang responden termasuklah jawatan, tempoh pengalaman bekerja dalam sektor pembinaan, pengalaman menggunakan dron, dan skop kerja menggunakan dron. Ia membolehkan data yang dikumpul daripada responden adalah tulen dan maklum balas daripada responden berkesan untuk penyelidikan ini.

Jadual 4: Latar belakang responden

Responden	Syarikat/ Organisasi	Jawatan	Tempoh Pengalaman Bekerja dalam Sektor Pembinaan	Pengalaman Menggunakan Dron (Tahun)	Skop Kerja Menggunakan Aplikasi Dron di tapak Bina
R1	A	Pengurus Kontrak	22 Tahun	4-5 Tahun	<ul style="list-style-type: none"> • Lawatan tapak, laporan kemajuan kerja dan penilaian kemajuan tapak
R2	B	Penyelia Keselamatan Tapak	9 Tahun	3 Tahun	<ul style="list-style-type: none"> • Ambil gambar kemajuan tapak dan ukur kawasan tanah
R3	C	Pembantu Pengurus Projek dan QA/QC	6 Tahun	4 Tahun	<ul style="list-style-type: none"> • Ambil gambar kemajuan tapak • Memantau kemajuan kerja
R4	D	Penolong Penyelaras Projek	8 Tahun	4 Tahun	<ul style="list-style-type: none"> • Memantau kemajuan kerja di tapak bina • Membuat laporan kemajuan tapak

4.2 Aplikasi Dron Dalam Pengawasan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina

Kepelbagaian fungsi dron dalam membantu mengawal keselamatan pekerja di tapak bina semasa kerja-kerja pembinaan telah menjadi faktor penggunaan teknologi ini dalam industri pembinaan. Walau bagaimanapun, dalam industri pembinaan penggunaan dron masih terhad dan memerlukan kajian yang lebih mendalam untuk membolehkan penggunaannya lebih meluas. Teknologi baharu yang diaplikasikan berkait rapat dengan isu keselamatan yang mendatang. Dron memudahkan kontraktor dalam membuat laporan kemajuan. Beberapa cabaran yang dihadapi oleh kontraktor di mana sebahagian besarnya disebabkan oleh kekurangan pengetahuan teknikal. Pengendali dron perlu mempunyai pengetahuan sebelum mula menggunakannya supaya ia boleh digunakan dengan selamat. Daripada penemuan tersebut, responden mencadangkan agar mempunyai perancangan yang rapi sebelum memulakan operasi dron dengan mempunyai perancangan yang rapi, keadaan sekeliling tapak dan dapat mengelakkan kemalangan.

Jadual 5: Ringkasan hasil dapatan potensi aplikasi dron dalam pengawasan keselamatan pekerja di tapak bina

Potensi Aplikasi Dron Dalam Pengawasan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina	R1	R2	R3	R4
Pengumpulan Data	✓	✓	✓	✓
Fotografi Udara	✓	✓	✓	✓
Pemeriksaan dan Pemantauan	✓	✓	✓	✓
Pemantauan Keselamatan	✓	✓	✓	✓

Berdasarkan Jadual 5, ia menunjukkan bahawa penggunaan dron biasa digunakan dalam membuat laporan kemajuan tapak dan memantau keadaan keselamatan tapak. Kesemua responden bersetuju bahawa dron memberikan banyak manfaat dalam pengumpulan data, pemetaan, pemantauan dan pemeriksaan serta pemantauan keselamatan tapak. Dron digunakan untuk tujuan perancangan tapak yang biasanya memerlukan pengetahuan yang luas tentang keadaan lokasi dan persekitaran di tapak (Albeaino & Gheisari, 2021). Dron boleh merekod data seperti foto dan video dari pandangan atas dan pelbagai sudut yang menjadikan teknologi dron sangat praktikal. Imej digital memberikan gambaran yang baik untuk memantau dan mendokumentasikan perkembangan projek dan mengekalkan kawalan

keselamatan di tapak bina (Alsamarraie *et al.*, 2022). Keputusan menunjukkan kajian ini telah mencapai objektif pertama bahawa terdapat pelaksanaan potensi dron di kalangan kontraktor G7 dan boleh menyimpulkan bahawa dron boleh menjadi sangat berguna dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina sepanjang projek pembinaan dijalankan.

Jadual 6: Ringkasan hasil dapatan masalah-masalah utama aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina

Masalah-Masalah Utama Aplikasi Dron Dalam Pengawalan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina	R1	R2	R3	R4
Kekurangan Pengendalian Dron		✓		✓
Masa Operasi Penerbangan Yang Terhad	✓	✓	✓	✓
Ketahanan Dron Terhadap Cuaca Semasa	✓	✓	✓	✓
Sekatan Undang-undang dan Peraturan	✓	✓	✓	✓
Pencerobohan Hak Privasi	✓	✓	✓	✓

Masalah yang dihadapi oleh kontraktor G7 dalam melaksanakan teknologi dron ditunjukkan dalam Jadual 6. Daripada jadual tersebut, R1 dan R3 menyatakan kekurangan pengendalian dron tidak menunjukkan begitu ketara dalam masalah utama penggunaan dron di tapak. Sebaliknya, kebanyakan kontraktor tidak mempunyai pengendali dron yang diiktiraf untuk memantau keadaan keselamatan pekerja di tapak bina. Masalah yang dikemukakan adalah sangat berkait rapat dengan aplikasi dron. Responden menerbangkan dron di dalam tapak pembinaan bagi tujuan pemantauan dan pengawalan keselamatan pekerja di tapak. Terdapat isu pencerobohan kawasan yang membuatkan responden berpendapat isu keselamatan dan privasi orang awam adalah cabaran yang dihadapi oleh kontraktor. Walau bagaimanapun, responden menyatakan bahawa kawalan keselamatan tapak sekeliling dan gangguan isyarat menjadikannya punca masalah yang ketara. Kehilangan atau gangguan isyarat dron (GPS) di dalam bangunan atau di sekitar bangunan berpenduduk padat atau bangunan bertingkat boleh menyebabkan kehilangan kawalan dron (Golizadeh *et al.*, 2019). Hasil kajian menunjukkan objektif kedua telah dicapai di mana dapat disimpulkan bahawa pencerobohan kawasan wujud dalam mengaplikasikan dron terhadap pengawalan keselamatan pekerja dalam industri pembinaan. (Rujuk Lampiran C)

Jadual 7: Ringkasan hasil dapatan langkah-langkah bagi meningkatkan aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina

Langkah-langkah Bagi Meningkatkan Aplikasi Dron Dalam Pengawalan Keselamatan Pekerja di Tapak Bina	R1	R2	R3	R4
Inisiatif Perbadanan Ekonomi Digital Malaysia (MDEC)	✓	✓	✓	✓
Penambahbaikan Ciri-Ciri Dron	✓		✓	✓
Menyediakan Peruntukan Kos Penggunaan Dron	✓		✓	✓
Inisiatif Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB)	✓		✓	✓

Merujuk kepada Jadual 7, R1, R2, R4 dan R5 menyatakan setuju jika inisiatif daripada Perbadanan Ekonomi Digital Malaysia (MDEC) membantu mempromosikan penggunaan teknologi dron di kalangan kontraktor G7 dalam mengawal keselamatan pekerja dalam sektor pembinaan. Dengan menggalakkan kursus dron, pengiklanan dan menyediakan pusat perkhidmatan, ia akan meningkatkan kesedaran tentang dron dalam mengatasi masalah isu keselamatan yang berlaku di tapak pembinaan. Melalui kursus latihan yang dibuat, setiap kontraktor akan lebih cekap dan bersedia mengaplikasikan teknologi dron dalam projek mereka. Teknologi dron mempunyai keupayaan untuk mengambil gambar dari aras atas (Kaamin *et al.*, 2017). Sebaliknya, R1, R3 dan R4 berpendapat kesemua langkah-langkah ini boleh diambil untuk meningkatkan kepenggunaan dron di tapak. Ia dapat dikemukakan bahawa kerjasama antara kerajaan dan sektor swasta memainkan peranan dalam meningkatkan penggunaan teknologi pada masa akan datang. Menawarkan permit penerbangan dron melalui kursus dron untuk meningkatkan pengetahuan tentang dron adalah beberapa tindakan yang boleh dibuat. Hasil kajian menunjukkan objektif ketiga tercapai di mana dapat disimpulkan bahawa langkah-langkah

meningkatkan aplikasi dron dalam kalangan kontraktor G7 membantu pengendali dron menggunakan dron dengan selamat dalam pembinaan.

5. Kesimpulan

Secara keseluruhannya, objektif kajian ini telah dicapai dalam mengenal pasti potensi, mengkaji masalah-masalah dan mencadangkan langkah-langkah meningkatkan aplikasi dron dalam pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina. Berdasarkan analisis data dalam Jadual 7, potensi aplikasi dron adalah pengumpulan data. Melalui maklumat yang diperolehi, dron mampu untuk mengambil banyak data dari udara dan memproses data dalam masa yang singkat serta mendapatkan hasil yang lebih baik merangkumi aspek keselamatan pekerja di tapak bina. Seterusnya, Jadual 8 menunjukkan masalah utama aplikasi dron adalah pencerobohan hak privasi. Ini kerana kawalan keselamatan tapak dan gangguan isyarat menjadikannya punca masalah kehilangan atau gangguan isyarat dron yang boleh mengganggu kawasan sempadan. Selain itu, berdasarkan Jadual 9, menunjukkan Langkah-langkah meningkatkan aplikasi dron adalah inisiatif daripada Perbadanan Ekonomi Digital Malaysia (MDEC). Kerjasama antara sektor kerajaan dan sektor swasta memainkan peranan dalam meningkatkan penggunaan teknologi dron. Dengan menggalakkan kursus dron dan menyediakan pusat perkhidmatan, ia akan meningkatkan kesedaran tentang dron dalam mengatasi masalah isu keselamatan yang berlaku di tapak pembinaan.

Pengumpulan data memberikan beberapa kekanagan dan limitasi kepada pengkaji kerana sukar untuk mencari responden yang berpengalaman dalam menggunakan dron bagi tujuan pengawalan keselamatan pekerja di tapak bina. Kekangan lain yang dihadapi dalam pengumpulan data adalah kesukaran mendapatkan kerjasama antara pihak kontraktor G7. Oleh yang demikian, beberapa pihak responden tidak memberikan sebarang kata putus setelah meminta untuk membuat temu bual secara dalam talian. Malah proses pengumpulan data mengambil masa yang panjang. Oleh itu, hanya empat responden daripada 50 responden yang telah dihubungi bersetuju untuk ditemu bual.

Sumbangan kajian penyelidikan ini kepada industri pembinaan adalah dapat mendidik dan memaklumkan kepada kontraktor tentang kelebihan aplikasi dron dan menggalakkan mereka mengikuti kursus CIDB untuk mengetahui lebih lanjut mengenainya. Latihan yang ditawarkan oleh CIDB boleh memberi sektor pembinaan lebih banyak maklumat dan pemahaman tentang teknologi dron. Projek bangunan seterusnya boleh menggunakan ini pada masa hadapan. Kajian penyelidikan ini juga telah menyumbang kepada rujukan akademik yang berkaitan dengan penggunaan dron. Kajian ini mungkin menawarkan cadangan kepada pengajian pendidikan tinggi untuk penambahan kurikulum yang akan mendedahkan pelajar kepada dron dan memberikan mereka pengetahuan yang lebih praktikal tentang keadaan itu daripada hanya teori. Kebolehan yang diperolehi di peringkat universiti boleh digunakan dalam persekitaran latihan industri dan mempunyai pengetahuan khusus bidang. Hasilnya, penambahan ini sangat membantu pelajar dalam mempelajari lebih lanjut tentang penggunaan teknologi dron dalam pembinaan dan faedahnya.

Penerapan penggunaan teknologi dron membantu kerja-kerja pengawalan keselamatan pekerja dengan lebih efektif dan meningkatkan kualiti dalam industri pembinaan Malaysia. Antara cadangan kepada industry pembinaan adalah kesediaan kursus latihan dan kemahiran bagi pihak kontraktor untuk meningkatkan pengetahuan ini perlu dibincang bahkan lebih utama adalah pembentukan hala tuju negara jelas dan bersepadu mampu mengubah cara kerja negara daripada negara pengguna teknologi kepada penguasaan asas teknologi yang mampu menjadikan Malaysia sebagai negara pembangun teknologi. Selain itu, cadangan kepada kajian akan datang adalah mengkaji aplikasi dron dalam pengawalan projek pembinaan. Ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kajian aplikasi dron dalam industri pembinaan.

Penghargaan

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

Rujukan

- Abedi, M., Fathi, M. S., & Mohammad, M. F. (2011). Major Causes of Construction Delays Under Client Category and Contractor Category. *The Proceeding of the First Iranian Student Scientific Conference in Malaysia*, 8(1), pp. 1–8.
- Accenture, (2016). Use of Drones in the Engineering & Construction Industries. *A Business Approach*, 3(1), pp. 1–12.
- Ahmad, A., Tahar, K. N., Udin, W. S., Hashim, K. A., Darwin, N. A., Room, M. H. M., Hamid, N. F. A., Azhar, N. A. M. & Azmi, S. M. (2013). Digital Aerial Imagery of Unmanned Aerial Vehicle for Various Applications. *IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering*, 2(2), pp. 535-540.
- Albeaino, G., & Gheisari, M. J. I. T. C. (2021). Trends, benefits, and barriers of unmanned aerial systems in the construction industry: a survey study in the United States. 26, pp. 84-111.
- Alsamarraie, M., Ghazali, F., Hatem, Z. M., & Flaih, A. Y. J. J. T. (2022). A review on the benefits, barriers of the drone employment in the construction site. 84(2), pp. 121-131.
- Ayob, I. (2017). The Adoption of Drone Technology in Construction Industry. Dicapai pada 19 April 2022 daripada <https://en.ine.st/2017/08/01/the-adoption-of-drone-technology-in-construction-industry/>
- Azman, M. N. A., Dzulkalnine, N., Hamid, Z. A., & Bing, K. W. (2014). Payment Issue in Malaysian Construction Industry: Contractors' Perspective. *Jurnal Teknologi*, 70(1), pp. 57–63.
- Bhole, M. S. A. (2016). Safety Problems and Injuries on Construction Site: A Review. *International Journal of Engineering and Techniques*, 2(4), pp. 24–35.
- Caillouet, C., Giroire, F. & Razafindralambo, T. (2019). Efficient Data Collection and Tracking with Flying Drones. *Ad Hoc Networks*, 89(1), pp. 35-46.
- Cheong, J. X. (2019). ICW 2019: Taking the Construction Industry Forward with Drones. Dicapai pada 26 Mei 2022 daripada <http://www.cidb.gov.my/index.php/my/media/berita-terkini/1019-icw-2019-taking-the-construction-industry-forward-with-drones>
- Chua, Y.P. (2011). Kaedah dan statistik penyelidikan: kaedah penyelidikan. *Mcgraw-Hill Education*.
- Chloe, M. (2016). Despite Clear Benefits, the Construction Industry is Slow to Integrate Unmanned Aerial Vehicles into Projects, in Under Construction. *American Bar Association Forum on Construction Law*, 17(4), pp. 1–8.
- Clarke, R. (2014). Understanding the drone epidemic. *Computer Law & Security Review*, 30(3), pp. 230-246.
- Construction Industry Development Board (CIDB) (2017). Taking Malaysian Construction to New Levels. Heights, 1(2).
- Construction Industry Development Board (CIDB) (2019). CIDB Annual Report 2019. Dicapai pada 26 Mac 2022 daripada https://www.cidb.gov.my/wp-content/uploads/2022/11/CIDB-Annual-Report-2019_compressed.pdf
- Construction Industry Development Board (CIDB) (2022). Statistik Bilangan Kontraktor Gred 7 Berdaftar Bagi Sektor Pembinaan Mengikut Negeri di Malaysia. Dicapai pada 6 April 2022 daripada <https://cims.cidb.gov.my/smis/regcontractor/reglocalsearchcontractor.vbhtml>
- Costa, D. B., Melo, R. R. S. D., & Bello, A. A. (2016). Evaluating the Performance of Unmanned Aerial Vehicles for Safety Inspection. *International Group for Lean Construction*, 10(2), pp. 23–32.
- Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach (3rd ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.
- Danielak, M. (2018). The benefits of employing drones in construction. Dicapai pada 9 Mac 2022 daripada <https://www.constructiondive.com/news/the-benefits-of-employing-drones-in-construction/516713/>
- Desjardins, J. (2016). Here's how commercial drones grew out of the battlefield. Market Insider. Dicapai pada 19 Mac 2022 daripada <https://markets.businessinsider.com/news/stocks/heres-how-commercialdrones-grew-out-of-the-battlefield-1001608849>
- Fang, Y., Chen, J. D., Cho, Y., & Zhang, P. (2017). A Point Cloud-Vision Hybrid Approach for 3D Location Tracking of Mobile Construction Assets. In *Proceedings of the 33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*.
- Freimuth, H., & König, M. (2015). Generation of Waypoints for UAV-Assisted Progress Monitoring and Acceptance of Construction Work. *15th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, 13(4), pp. 77–86.

- Golizadeh, H. & Hosseini, Reza M. & Edwards, David & Abrishami, Sepehr & Taghavi, Nasrin & Banihashemi, Saeed (2019). Barriers to adoption of RPAs on construction projects: a task–technology fit perspective. *Construction Innovation*. Dicapai daripada 10.1108/CI-09-2018-0074.
- Gould, F. E. (2012). *Managing the Construction Process: Estimating, Scheduling, and Project Control (4th ed)*. United States: Pearson.
- Hua, A. K. (2016). Pengenalan rangka kerja metodologi dalam kajian penyelidikan: Satu Kajian kes. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities*, 1(1), pp 17- 23.
- Irizarry, J. & Costa, D. B. (2016). Exploratory study of potential applications of unmanned aerial systems for construction management tasks. *Journal of Management in Engineering*, 32(3), pp. 15-25.
- Irizarry, J., Gheisari, M., & Walker, B. N. (2012). Usability Assessment of Drone Technology as Safety Inspection Tools. *Journal of Information Technology in Construction*, 17(3), pp. 194–212.
- Isaac, S., & Navon, R. (2014). Can Project Monitoring and Control be Fully Automated? *Construction Management and Economics*, 32(6), pp. 495–505.
- Janssen, S. (2015). Assessing the Perception of Drones in the Construction Industry. University of Twente. *Bachelor Thesis*. Dicapai pada 19 Mac 2022 daripada <https://essay.utwente.nl/68985/1/Janssen-Simon.pdf>
- Joyce, E. (2019). Research Ramping Up for More Drones on Jobsites. *Engineering News Record*. Dicapai pada 19 Mac 2022 daripada http://enr.construction.com/technology/information_technology/2013/0304-get-ready-for-more-drones-on-jobsites.asp
- Kaamin, M., Razali, S. N. M., Ahmad, N. F. A., Bukari, S. M., Ngadiman, N., Kadir, A. A., Hamid, N. P. (2017). The Application of Micro UAV in Construction Project. *Malaysian Construction Research Journal*, 2(2), pp. 122-129.
- Kim, S., & Irizarry, J. (2016). Lessons Learned from Unmanned Aerial System-Based 3D Mapping Experiments. *52 ASC Annual International Conference Proceedings*, pp. 1–8.
- Kothari, C. R. (2004). *Research Methodology: Methods and Techniques (2nd ed)*. India: New Age International (P) Limited.
- Krippendorff, K. (2013). *Content analysis. An introduction to its methodology, third ed.*, California, CA. SAGE Publication, 2013.
- Lawson, S. (2019). 7 Ways Drones Are Improving the Construction Industry. Dicapai pada 17 April 2022 daripada <http://www.droneguru.net/7-ways-drones-are-improving-the-construction-industry/>
- Malaysia Digital Economy (MDEC) (2020). Malaysia Dronetech Festival (Mydronetech Fest 2020). Dicapai pada 24 Mac 2022 daripada <https://mdec.my/digital-economy-initiatives/for-the-industry/malaysia-drone-tech-event/>
- Malaysia Drone Laws (2022). Peraturan dan Undang-undang Dron. Dicapai pada 27 Mei 2022 daripada <https://drone-laws.com/drone-laws-in-malaysia/>
- Melo, R. R. S. de, Costa, D. B., Álvares, J. S., & Irizarry, J. (2017). Applicability of Unmanned Aerial System (UAS) for Safety Inspection on Construction Sites. *Safety Science*, 98, pp. 174–185.
- Memon, Z. A., Mustaffar, M., & Majid, M. Z. A. (2006). A systematic approach for monitoring and evaluating the construction project progress. *Journal of the Institution of Engineers Malaysia*, 67(3), pp. 26-32.
- Mosly, I. (2017). Applications and Issues of Unmanned Aerial Systems in the Construction Industry. Dicapai pada 20 Mac 2022 daripada 10.5923/j.ijcem.20170606.02
- Nikolaos, G. (2010). The Measurement of Health and Safety Conditions at Work Theoretical Approaches, Tools and Techniques a Literature Review. *International Research Journal of Finance and Economics*, 36(1), pp. 87- 95.
- Omar, T., & Nehdi, M. L. (2016). Data Acquisition Technologies for Construction Progress Tracking. *Automation in Construction*, 70(5), pp. 143–155.
- Opfer, N. D., & Shields, D. R. (2014). Unmanned Aerial Vehicle Applications and Issues for Construction. *121st ASEE Annual Conference & Exposition*.
- Osman, W. N., Aminuddin, N. S. & Nawi, M. N. M. (2017). Kajian kes pengurusan keselamatan dan kesihatan pekerja di tapak bina: Perspektif kontraktor. *Journal of Advanced Research in Business and Management Studies*, 7(1), pp. 51-59.
- Pastor, E., Lopez, J., & Royo, P. (2007). A Hardware/Software Architecture for UAV Payload and Mission Control. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 22(6), pp. 3–8.
- Pico, W. J. Del. (2013). *Project Control: Integrating Cost and Schedule in Construction*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Sansons, J. S. (2019). Drone Use in the Construction Industry Leads to Integration into the Current Civil and Construction Engineering Technology Curriculum. *Proceedings of the 2019 Conference for Industry and Education Collaboration. American Society for Engineering Education*.
- Salim, F. N. A. (2012). Kajian Keselamatan Dan Kesihatan di Tapak Bina Sekitar Kawasan Bahagian Pantai Barat Sabah, Fakulti Pendidikan: Universiti Teknologi Malaysia.

- Siebert, S., & Teizer, D. J. (2013). Mobile 3D Mapping for Surveying Earthwork Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *In Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining*, 30, pp. 1–9.
- Schreiber, L., & Ostiari, E. (2014). Game of Drones: Do Civilian Applications Harbour Opportunities for Sustainable Development? *Mirova*, pp. 1–13.
- Son, H., & Kim, C. (2010). 3D structural component recognition and modeling method using color and 3D data for construction progress monitoring. *Automation in Construction*, 19 (7), pp. 844-854.
- Tan, L. K. L., Lim, B. C., Park G., Low, K. H. & Yeo, V. C. S. (2021). Public acceptance of drone applications in a highly urbanized environment. *Technology in society*, 64 (1), pp. 1-14.
- Tatum, M. C. & Liu, J. (2017). Unmanned aerial vehicles in the construction Industry. *In Proceedings of the Unmanned Aircraft System Applications in Construction, Creative Construction Conference. Procedia Engineering 196* (2017), pp. 167-175.
- Wilson, R. L. (2014). Ethical Issues with use of Drone Aircraft. *Proceedings of the IEEE 2014 International Symposium on Ethics in Engineering, Science, and Technology*, 56, pp. 1-19.