

Penggunaan Teknologi Dron dalam Pemantauan Keselamatan Projek Bangunan Tinggi di Negeri Johor

Use of Drone Technology in Safety Monitoring of High-rise Building Projects in the State of Johor

Raja Norshahira Raja Mohamad Sukeri¹, Zailawati Khalid^{1,2*}, Roshartini Omar^{1,2}, Sulzakimin Mohamed^{1,2}, Puteri Sidrotul Nabihah Saarani³

1. *Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA*
2. *Center of Sustainable Infrastructure and Environment Management (CSIEM), Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Johor 86400, MALAYSIA*
3. *Jabatan Kajian Alam Bina dan Teknologi, Fakulti Alam Bina, Universiti Teknologi MARA, Cawangan Seri Iskandar, Perak, 32810, MALAYSIA*

*Pengarang Utama: zailawati@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2026.07.01.040>

Maklumat Artikel

Diserah: 31 Mac 2026
Diterima: 31 Mei 2026
Diterbitkan: 30 Jun 2026

Kata Kunci

Teknologi Dron, Bangunan Tinggi, Pemantauan Keselamatan, Cabaran, Masalah

Abstrak

Industri pembinaan merupakan salah satu sektor utama yang menyumbang kepada pembangunan ekonomi negara, namun ia juga dikenal pasti sebagai sektor berisiko tinggi dengan kadar kemalangan yang tinggi, terutamanya di tapak projek bangunan bertingkat tinggi, justeru teknologi dron dilihat berpotensi sebagai alat pemantauan keselamatan yang berkesan. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji cabaran, mengenal pasti masalah, serta mencadangkan strategi bagi meningkatkan penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi yang melibatkan kontraktor G7 di negeri Johor. Metodologi kajian menggunakan pendekatan kualitatif melalui temu bual separa berstruktur bersama pengurus projek dan jurutera dron, manakala data sekunder diperoleh daripada buku, jurnal dan sumber rujukan berkaitan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan kaedah analisis kandungan. Dapatan kajian menunjukkan bahawa teknologi dron mempunyai potensi yang signifikan dalam meningkatkan keberkesanan pemantauan keselamatan, walaupun berhadapan dengan pelbagai cabaran seperti kekangan teknikal, kos pelaksanaan, keperluan kemahiran khusus, serta kekangan peraturan. Oleh itu, kajian ini merumuskan bahawa keseluruhan dapatan berdasarkan tiga objektif utama kajian telah berjaya dicapai. Kajian ini menyediakan pandangan yang berguna dan mencadangkan beberapa strategi yang berpotensi membantu industri pembinaan memperluaskan penggunaan teknologi dron bagi meningkatkan prestasi keselamatan di tapak pembinaan bangunan tinggi pada masa hadapan.

Keywords

Drone Technology, High-Rise Buildings, Safety Monitoring, Challenges, Problems

Abstract

The construction industry is a key contributor to national economic development; however, it is also associated with high accident rates, particularly at high-rise building project sites, while the adoption of drone technology for safety monitoring in Malaysia, especially in Johor, remains limited. This study aims to examine the challenges, identify problems, and propose strategies to enhance the use of drones in high-rise building projects, focusing on G7 construction companies involving project managers and drone engineers in Johor. A qualitative research approach was employed through semi-structured interviews with G7 contractors directly responsible for managing worker safety at construction sites, supported by secondary data obtained from books, journals, newspapers, and related sources. The data obtained were analyzed using content analysis. The findings indicate that drone technology has significant potential to improve safety monitoring effectiveness, despite challenges such as technical limitations, cost, skill requirements, and regulatory constraints. Therefore, this study concludes that the overall findings based on the three main research objectives have been successfully achieved. This study provides useful insights and proposes strategic recommendations that may assist the construction industry in expanding the application of drone technology to enhance safety performance at high-rise construction sites in the future.

1. Pengenalan

Salah satu industri utama yang mempengaruhi pertumbuhan ekonomi negara ialah sektor pembinaan. Menurut kajian Jabatan Perangkaan Malaysia (DOSM). Industri pembinaan mencatatkan RM34.1 bilion dalam kerja siap pada suku keempat 2023, meningkat 6.8% daripada masa yang sama tahun sebelumnya, Walau bagaimanapun, industri ini juga mempunyai peratusan kemalangan di tempat kerja yang tinggi, terutamanya apabila melibatkan projek pembinaan yang melibatkan bangunan tinggi. Kajian Nasrun *et al.* (2016) menyatakan bahawa industri pembinaan merupakan antara sektor yang paling berisiko dari segi keselamatan dan kesihatan pekerja. Menurut (Tan *et al.*, 2021) 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. Pemantauan masa nyata membolehkan campur tangan tepat pada masanya, membolehkan tindakan pembetulan segera diambil untuk mengurangkan risiko dan memastikan keselamatan pekerja (Fentie dan Gijo, 2019). Hal ini membolehkan pengurus projek mengenal pasti kawasan berbahaya dengan lebih cepat dan membuat keputusan lebih efisien berkaitan keselamatan.

Teknologi berkembang dengan pesat dalam setiap bidang termasuk industri pembinaan. Antara teknologi yang semakin mendapat perhatian adalah teknologi dron atau dikenali sebagai Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Drone ialah peranti yang dikendalikan dari jauh atau diprogramkan secara automatik untuk melaksanakan pelbagai tugas tertentu. 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.

Penggunaan dron dalam industri pembinaan menawarkan pelbagai kelebihan signifikan khususnya dalam aspek pemantauan tapak pembinaan. Penggunaan dron boleh diaplikasikan bagi memantau keselamatan pekerja di tapak bina bagi sesuatu projek pembinaan (Danielak, 2018). Teknologi ini juga membantu memantau kawasan sukar diakses atau berbahaya tanpa mendedahkan pekerja kepada bahaya, serta membantu mengesan potensi risiko lebih awal (Gikas & Kakogiannis, 2017). Hasilnya dron mampu merakam gambar dan video udara beresolusi tinggi, membolehkan pengurus projek memperoleh gambaran menyeluruh mengenai keadaan semasa tapak binaan tanpa perlu melakukan pemeriksaan fizikal secara berterusan (Tan *et al.*, 2021). Jelaslah, dron bukan saja meningkatkan tahap keselamatan dan keselamatan tapak, malah membantu mengurangkan risiko kemalangan serta mewujudkan persekitaran kerja yang lebih selamat untuk semua.

Namun begitu, walaupun teknologi dron menawarkan pelbagai kelebihan, tahap penggunaannya dalam industri pembinaan di Malaysia masih rendah dan berdepan pelbagai cabaran utama seperti keadaan cuaca yang tidak menentu yang boleh menjejaskan operasi, kos penyelenggaraan yang tinggi termasuk penggantian komponen seperti bateri dan kamera, serta hayat bateri yang terhad sehingga memerlukan pengecasan atau

penggantian secara kerap. Selain itu, penggunaan dron memerlukan latihan berterusan serta pematuhan kepada peraturan penerbangan dan keselamatan yang ditetapkan oleh pihak berkuasa (CIDB, 2023). Penyepaduan teknologi dron dengan sistem digital seperti *Building Information Modeling* (BIM) juga menuntut tahap kemahiran dan koordinasi yang tinggi dalam kalangan pengurus projek dan kontraktor (Zhang *et al.*, 2020). Oleh itu, objektif kajian ini adalah untuk mengkaji cabaran, mengenalpasti masalah dan mencadangkan strategi untuk meningkatkan penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan, khususnya bagi projek bangunan tinggi, pada masa akan datang dalam kalangan kontraktor.

Tahap kemalangan di tapak pembinaan di Malaysia masih tinggi disebabkan oleh kekangan dalam pemantauan keselamatan secara tradisional, terutamanya di kawasan kerja yang sukar dicapai (Ismail *et al.* 2021). Walaupun pelbagai peraturan dan prosedur keselamatan telah digariskan oleh pihak berkuasa, pemantauan secara manual sering kali tidak mencukupi dan kurang efisien dalam mengesan risiko secara masa nyata. Antaranya faktor manusia seperti kecuai dan keletihan turut menyumbang kepada kegagalan pemantauan keselamatan secara manual, sekali gus meningkatkan risiko kemalangan di tapak pembinaan (Ahmad *et al.* 2019). Beberapa masalah turut berlaku semasa mengaplikasikan teknologi dron dalam pengawalan keselamatan di tapak bina. Antaranya faktor seperti kerosakan, kehilangan kuasa bateri boleh menyebabkan kemalangan dron terhempas di kawasan pembinaan tanpa sebarang amaran (Tatum&Liu,2017). Tambahan pula, mengikut kapasiti jangka hayat bateri dron yang menghadkan masa penerbangan tempoh masa yang diambil adalah kira-kira 3 minit sahaja (Fang *et al.*,2017).

Walaupun bagaimanapun, pelaksanaan teknologi ini turut berdepan dengan beberapa cabaran. Faktor cuaca buruk merupakan salah satu halangan utama dalam penggunaan dron di tapak pembinaan, yang boleh menyebabkan gangguan operasi dan risiko keselamatan (Kim dan Cho 2020). Suhu ideal untuk penggunaan dron digunakan dalam kawasan tapak bina ialah antara 25 dan 38 darjah celsius (Opfer & Sheilds,2014). Selain itu, Kekangan teknikal seperti jangka hayat bateri yang terhad masih menjadi cabaran dalam penggunaan dron secara berterusan (Zhang *et al.* 2019), serta isu berkaitan keselamatan data dan privasi sebagai aspek kritikal yang perlu ditangani dalam pengurusan data dron untuk memastikan perlindungan maklumat di tapak pembinaan (Wang dan Tsai *et al.* 2021). Kajian mencadangkan strategi berkesan bagi memperkukuhkan pengawasan keselamatan di tapak bina. Melalui pemeriksaan dan pemantauan, secara tidak langsung penyelia tapak mengenalpasti keadaan tapak sama ada berapa dalam keadaan selamat ataupun tidak (Keng *et al.* 2014). Oleh itu, kajian ini menyokong untuk meningkatkan penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi.

Pengumpulan data bagi kajian ini dilaksanakan menggunakan pendekatan kualitatif melalui kaedah temu bual. Lokasi kajian adalah di projek bangunan tinggi di negeri Johor. Negeri Johor dipilih sebagai kawasan kajian kerana pembangunan bangunan kedua tertinggi diantara negeri-negeri lain di Malaysia. Responden bagi kajian ini adalah terdiri daripada lima syarikat kontraktor G7 di kalangan pengurus projek dan jurutera dron untuk mendapatkan maklumat mengenai penggunaan dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Justifikasi pemilihan responden daripada kalangan kontraktor G7 adalah mereka mewakili kategori kelas tertinggi di Malaysia, yang lazimnya mengendalikan projek berskala besar dan kompleks.

2. Kajian Literatur

2.1 Definisi Istilah

2.1.1Teknologi Dron

Dron atau Unmanned Aerial Vehicle (UAV) ialah pesawat tanpa pemandu yang dikawal secara manual atau autonomi melalui perisian khas (Chou, 2018). Menurut Ayob (2017), kemajuan teknologi telah meluaskan penggunaan dron dalam sektor seperti pembinaan, pendidikan, pertanian dan keselamatan kerana keupayaannya beroperasi secara cekap serta mengakses kawasan sukar. Dalam pembinaan, dron digunakan untuk pemantauan tapak, pengukuran dan dokumentasi, menggantikan kren atau helikopter (Danielak, 2018). Dron juga membantu operasi menyelamatkan melalui kamera beresolusi tinggi, GPS dan RFID yang membolehkan pemantauan dan penghantaran maklumat masa nyata (Tatum & Liu, 2017). Tambahan pula, pemantauan berterusan menggunakan dron dapat meningkatkan keselamatan pekerja di tapak bina (Danielak, 2018).

2.1.2Bangunan Tinggi

Bangunan yang mempunyai ketinggian melebihi 492 kaki atau 150-meter diklasifikasikan sebagai bangunan pencakar langit (John *et al.* 2013). Menurut garis panduan keselamatan pembinaan oleh CIDB, bangunan yang melebihi lima tingkat biasanya dikategorikan sebagai bangunan tinggi yang berisiko dan memerlukan pemantauan keselamatan yang lebih ketat, terutamanya melibatkan kerja-kerja di tempat tinggidi 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).

2.1.3 Pengawalan Keselamatan Di Tapak Bina

Pengawalan keselamatan di tapak bina penting bagi melindungi pekerja daripada risiko kemalangan, dan penggunaan dron dilihat mampu meningkatkan tahap keselamatan secara signifikan. Dron membolehkan pemantauan kawasan berisiko tinggi dan sukar dicapai, serta mengurangkan pendedahan pekerja kepada bahaya (Mubarak, 2010). Ia turut menyediakan gambaran visual masa nyata untuk mengesan potensi bahaya lebih awal (Tatum & Liu, 2017), manakala teknologi pengimejan termal dapat mengesan kerosakan peralatan yang berisiko menyebabkan kebakaran. Menurut Khalifa Al-Dosari (2024), dron juga berguna dalam rondaan keselamatan selepas waktu kerja dan pencegahan sabotaj. Data yang dikumpul boleh digunakan dalam latihan keselamatan dan membantu pengurusan membuat keputusan yang tepat. Namun, pengoperasian dron di Malaysia perlu mematuhi peraturan ketat oleh DOSH dan CAAM bagi menjamin keselamatan semua pihak.

2.2 Cabaran dalam Penggunaan Teknologi Dron dalam Pemantauan Keselamatan di Projek Bangunan Tinggi

2.2.1 Dron Kekangan Cuaca

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). Selain itu, ketidakstabilan cuaca boleh mengganggu operasi dron, terutamanya apabila melibatkan angin kencang dan hujan lebat (Neil & Shields 2014).

2.2.2 Isu Privasi dan Keselamatan Data

Teknologi dron boleh mencetuskan kehidupan peribadi seseorang dengan melalui tangkapan gambar dan rakaman video serta pengumpulan maklumat (Schreiber & Ostiari, 2014). Syarikat pembinaan perlu mengambil langkah-langkah proaktif untuk melindungi data yang dikumpul dan memastikan pematuhan terhadap undang-undang yang berkaitan (Clarke, 2014).

2.2.3 Kekurangan Kepakaran

Faktor utama kekurangan tenaga kerja mahir adalah disebabkan oleh kurangnya program latihan dan pendidikan yang khusus berkaitan teknologi dron, terutamanya dalam konteks aplikasi industri pembinaan (Yahya *et al.* 2021). Sebagai pengendali dron harus mengetahui objektif penerbangan bagi memastikan dron diterbang dengan selamat (Melo *et al.*, 2017).

2.2.4 Kekangan Undang-Undang dan Peraturan

Menurut Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB), syarikat pembinaan perlu mematuhi peraturan yang ditetapkan oleh Pihak Berkuasa Penerbangan Awam Malaysia (CAAM), termasuk mendapatkan permit penerbangan dan mematuhi garis panduan keselamatan. Walaubagaimanapun, kebanyakan pihak berkuasa masih belum melaksanakan undang-undang yang tetap bagi membenarkan penggunaan dron dalam industri pembinaan (Freimuth & König, 2015).

2.2.5 Keterbatasan Bateri

Jangka hayat perkhidmatan dron juga adalah lebih pendek berbanding peralatan lain seperti kamera tradisional yang digunakan dalam sektor pembinaan (Grind Drone 2017). Kebanyakan bateri dron hanya direka untuk bertahan antara 20 hingga 30 minit, manakala hanya beberapa model sahaja yang mampu bertahan sehingga 4 jam dalam keadaan optimum (Cmbatteries, 2024).

2.3 Masalah Penggunaan Dron dalam Pemantauan Keselamatan di Projek Bangunan Tinggi

2.3.1 Kos Perlaksanaan yang Tinggi

Pelaburan awal untuk membeli peralatan dron, perisian, dan latihan operator adalah besar, terutama bagi firma pembinaan berskala kecil dan sederhana teknologi UAV mempunyai kelebihan besar dari segi liputan dan akses, tetapi harganya masih menjadi penghalang utama untuk penggunaan meluas dalam sektor awam dan swasta

(Samad, 2013). Kos penyelenggaraan dan penggantian peralatan yang rosak juga menambah beban kewangan kepada syarikat, menyebabkan mereka lebih memilih kaedah konvensional yang lebih murah.

2.3.2 Sekatan Undang-Undang dan Peraturan

Penggunaan dron di negara ini perlu mendapat permit daripada Pihak Berkuasa Penerbangan Awam Malaysia (CAAM), dan bagi pemaju, mereka perlu memohon permit khas, iaitu Standard Authorisation to Fly (ATF) bagi operasi dron berisiko rendah dengan tempoh kebenaran maksimum selama tiga bulan selepas tarikh diluluskan. (Suara Sarawak, 2024). Hal ini kerana dron boleh membantu pegawai penguatkuasa undang-undang membuat peta yang membantu menyelesaikan dan mendakwa jenayah. (Cracknell, 2017; Robinson, 2016).

2.3.3 Kekurangan Kepakaran Pengendalian Dron

Operasi penerbangan dron yang berkesan memerlukan kakitangan yang berpengalaman dan mempunyai kemahiran yang tinggi (Opfer dan Shields, 2014). Selain itu, faktor meteorologi seperti keadaan cuaca yang tidak menentu, bersama-sama dengan keperluan latihan juruterbang turut menjadi halangan dalam penggunaan dron untuk pemeriksaan keselamatan (Costa *et al.*, 2016). Sebagai juruterbang dron, individu tersebut perlu memahami objektif penerbangan agar operasi dapat dijalankan dengan selamat dan mencapai matlamat yang ditetapkan (Melo *et al.*, 2017).

2.3.4 Masa operasi penerbangan yang terhad

Jangka hayat bateri yang tidak tahan lama, yang secara langsung menghadkan tempoh penerbangan dron di udara (Siebert & Teizer, 2013). Oleh itu, keperluan untuk menyediakan banyak pek bateri semasa operasi penerbangan dron merupakan satu cabaran utama kepada pengendali dron (Janssen *et al.*, 2015).

2.3.5 Pencerobohan Hak Privasi

Semasa melakukan pemantauan, dron mampu mengumpul maklumat peribadi melalui pengambilan gambar, rakaman video serta audio tanpa kebenaran terlebih dahulu (Schreiber & Ostiary, 2014). Selain itu, penggunaan dron bagi tujuan komersial seperti pemantauan lalu lintas, penghantaran barangan, dan pengawalan tapak pembinaan juga boleh menimbulkan isu pelanggaran hak dan kebebasan individu (Wilson, 2014). Menurut Clarke (2014), kegagalan kawalan dron mempunyai potensi tinggi untuk mendatangkan bahaya kepada orang ramai, terutamanya apabila operasi penerbangan dilakukan di kawasan yang sesak atau berhampiran bangunan tinggi.

2.4 Strategi Untuk Meningkatkan Penggunaan Dron dalam Pemantauan Keselamatan di Projek Bangunan Tinggi

2.4.1 Menyediakan Latihan

Dengan adanya latihan yang sistematik, pekerja akan lebih yakin dan mahir dalam mengendalikan peralatan teknologi ini, sekaligus mengurangkan risiko kemalangan dan kerosakan peralatan yang boleh berlaku akibat penggunaan yang tidak betul (Ham & Kamari, 2019). Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan kemahiran pekerja, tetapi juga memastikan penggunaan dron selamat dan berkesan (Gadwinter, 2025).

2.4.2 Subsidi dan Intensif Kerajaan

Insentif seperti memberikan peruntukan kos untuk penggunaan dron, pengecualian cukai, bantuan kewangan, atau geran pembelian boleh mengurangkan beban kos awal pelaburan dalam teknologi dron. Ini amat penting terutamanya bagi syarikat kecil dan sederhana yang mempunyai sumber kewangan yang terhad (Yahya *et al.*, 2021).

2.4.3 Pengubalan Polisi dan Garis Panduan

Pelaksanaan polisi dan garis panduan yang berkesan juga akan memudahkan proses permohonan permit dan insurans, sekaligus mengurangkan halangan pentadbiran dalam penggunaan dron di tapak bina. Penggunaan dron juga membawa implikasi politik dan geografi yang memerlukan kawal selia yang teliti (Klauser *et al.*, 2015). Tambahan pula, peraturan dan penguatkuasaan undang-undang berkaitan UAV (dron) adalah amat penting, termasuk keperluan untuk mewujudkan polisi penggunaan UAV yang sah di pelbagai negara.

2.4.4 Peningkatan kesedaran industri

Lembaga Pembangunan Industri Pembinaan Malaysia (CIDB) juga perlu memainkan peranan penting dalam memperkenalkan teknologi baru kepada kontraktor binaan, terutamanya dalam aspek meningkatkan produktiviti dan membantu meningkatkan tahap keselamatan pekerja dengan mengenal pasti keadaan risiko di tapak projek

(CIDB, 2017). Contoh inisiatif yang boleh dilakukan oleh pihak CIDB adalah pelaksanaan kempen kesedaran, seminar, serta pameran teknologi secara berkala dapat memperkenalkan kelebihan dron kepada pelbagai pihak yang terlibat dalam industri pembinaan. Oleh itu dengan adanya peningkatan kesedaran industri ini Pemeriksaan keselamatan tapak dititikberatkan melalui pemantauan dan secara tidak langsung dapat mengenalpasti keadaan tapak bina yang lebih selamat daripada risiko bahaya (Nikolaos, 2010).

2.4.5 Pemantauan dan penilaian berterusan

Dron mampu melakukan pemantauan dengan mengambil gambar dan video di kawasan yang sukar diakses oleh penyelia tapak, sekaligus memudahkan mereka untuk memantau lokasi-lokasi yang berisiko tinggi kemalangan. Dengan penggunaan dron, risiko kemalangan di tapak pembinaan dapat dikurangkan dan dielakkan (Doupont *et al.*, 2017). Dron merupakan alat yang sangat berkesan dalam memastikan keselamatan pekerja di tapak pembinaan (Umar *et al.*, 2021).

3. Metodologi Kajian

3.1 Reka Bentuk Kajian

Reka bentuk kajian merupakan satu proses penting dalam mengumpul dan menganalisis data yang diperlukan bagi menyempurnakan sesuatu penyelidikan. Terdapat pelbagai pendekatan dalam reka bentuk kajian, antaranya ialah kaedah kualitatif. Menurut Creswell (2009), reka bentuk kajian merangkumi prosedur dalam penyelidikan kualitatif dan kuantitatif yang melibatkan strategi pengumpulan data berdasarkan sifat sesuatu fenomena serta konteks sosialnya. Bagi kajian ini, kaedah kualitatif iaitu temu bual separa berstruktur telah dipilih, untuk menemubual pihak terlibat dalam industri pembinaan seperti pengurus projek dan jurutera dron bagi mendapatkan pandangan dan pengalaman terhadap penggunaan teknologi dron seperti di Jadual 3.

3.2 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data melibatkan pengutipan pemboleh ubah yang relevan, di mana penyelidik perlu menentukan prosedur, teknik, serta aspek pengumpulan data yang bersesuaian dengan kajian dan disokong oleh pelbagai sumber rujukan (Masri, 2005). Pengumpulan data merupakan elemen penting dalam metodologi kajian kerana ia memudahkan pengkaji memperoleh serta mengumpulkan maklumat yang tepat dan relevan. Terdapat dua jenis kaedah pengumpulan data utama, iaitu data primer dan data sekunder. Kedua-dua kaedah ini digunakan dalam kajian ini untuk memperoleh maklumat yang selari dengan objektif penyelidikan.

Jadual 1 *Komponen Kajian Kualitatif*

Bahagian A	: Latar Belakang Responden
Bahagian B	: Cabaran Dalam Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi
Bahagian C	: Masalah Penggunaan Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi
Bahagian D	: Strategi Untuk Meningkatkan Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi

3.3 Analisis Data

Untuk kajian ini, analisis kandungan kualitatif merupakan kaedah yang dipilih kerana ia sesuai dengan pendekatan pensampelan kualitatif. Kaedah ini dipilih kerana ia digunakan secara meluas dalam penyelidikan dan mampu meningkatkan kefahaman serta menyokong pembuatan keputusan yang lebih tepat (Krippendorff, 2013). Proses analisis data merangkumi langkah mengatur, menyusun dan mentafsir set data yang besar yang telah diperoleh (Smith *et al.*, 2019). Kajian ini dianalisis menggunakan analisis kandungan bagi menjawab ketiga-tiga objektif kajian. Melalui proses ini, penyelidik dapat membuat kesimpulan daripada maklum balas responden, di mana data yang dianalisis akan direkod dan digunakan untuk analisis lanjut.

4. Data Analisis dan Perbincangan

4.1 Latar Belakang Responden

Terdapat lima responden di kalangan kontraktor G7 ditunjukkan dalam Jadual 2. Kesemua responden berpengalaman menggunakan dron dalam projek pembinaan dan semua syarikat berpangkalan di sekitar negeri Johor. Latar belakang respondent termasuklah jawatan, tempoh pengalaman bekerja dalam sektor pembinaan, pengalaman menggunakan dron, dan skop kerja menggunakan dron. Ia membolehkan data yang dikumpul daripada responden adalah sahih dan maklum balas daripada responden berkesan untuk penyelidikan ini.

Jadual 2 *Latar Belakang Responden*

	R1	R2	R3	R4	R5
Syarikat	A	B	C	D	E
Jawatan	Pengarah	Eksekutif UAV & RIG	Jurutera Dron	Jurutera Teknikal Kanan	Jurutera Teknikal
Tempoh pengalaman kerja (tahun)	5 tahun	5 tahun 9 bulan	10 tahun	8 tahun	7 tahun
Tempoh masa dalam penglibatan teknologi dron (tahun)	2 tahun	5 tahun 9 bulan	5 tahun	8 tahun	6 tahun
Skop kerja	-Tinjauan tapak pembinaan -Pemantauan keselamatan kerja	-Pemetaan Kawasan -Analisis data geospasial tapak bina	-Pemeriksaan struktur bangunan tinggi -Pemantauan keselamatan kerja di tempat tinggi	-Pemeriksaan teknikal struktur -Pemantauan pemaatuhn keselamatan tapak bina	-Pemantauan operasi tapak pembinaan -Sokongan teknikal dan pemeriksaan keselamatan
Projek bangunan tinggi di Johor	Projek pembangunan kediaman bertingkat tinggi di Lido, Johor Bahru	Projek pembangunan kediaman bertingkat tinggi di Wadi Hana, Johor Bahru	Projek pembangunan kediaman bertingkat tinggi di Tanjung Puteri, Johor Bahru	Projek pembangunan kediaman bertingkat tinggi di kawasan Taman Abad, Johor Bahru	Projek pembangunan bangunan bertingkat tinggi di Taman Molek, Johor Bahru

4.2 Cabaran Dalam Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan di Projek Bangunan Tinggi

Jadual 3 *Cabaran Dalam Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi*

Cabaran Dalam Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi	R1	R2	R3	R4	R5
Kekangan Cuaca	/	/	/	/	/
Isu privasi dan Keselamatan data	/	/	/	/	/
Keperluan kepada latihan tambahan	/	/	/	/	/
Kekangan Undang-Undang dan Peraturan	X	/	/	/	/
Keterbatasan Bateri	X	X	/	/	/

Berdasarkan Jadual 3, R3, R4 dan R5 berpendapat bahawa kesemua faktor yang dinyatakan merupakan cabaran yang perlu dihadapi oleh kontraktor G7 dalam penggunaan dron semasa pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Antara cabarannya adalah kekangan cuaca yang tidak menentu akan menjejaskan kestabilan penerbangan dron. 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). Manakala R1 dan R2 berpendapat bahawa keterbatasan bateri merupakan bukan cabaran yang ketara semasa penggunaan dron. Berikut merupakan kenyataan dari responden:

"Jangka hayat bateri yang singkat tidak menyukarkan proses pemantauan keselamatan kerana dron versi baharu dengan teknologi bateri yang lebih canggih mampu memberikan tempoh penerbangan yang lebih lama." (R1)

"Isu bateri kurang menjadi masalah sekiranya operator menggunakan bateri gantian, sistem pengecasan yang efisien, dan perancangan operasi yang baik. Dengan strategi ini, operasi dron dapat dijalankan tanpa gangguan walaupun tempoh penerbangan terhad." (R2)

Oleh itu, berdasarkan majoriti responden kajian ini dapat disimpulkan bahawa penggunaan dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi masih berhadapan dengan cabaran yang perlu diberi perhatian bagi memastikan penggunaan dron dapat dilaksanakan secara berkesan dan selamat di tapak pembinaan.

4.3 Masalah Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi

Jadual 4 Masalah Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi

Cabaran Dalam Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi	R1	R2	R3	R4	R5
Kekangan Cuaca	/	/	/	/	/
Isu privasi dan Keselamatan data	/	/	/	/	/
Keperluan kepada latihan tambahan	/	/	/	/	/
Kekangan Undang-Undang dan Peraturan	X	/	/	/	/
Keterbatasan Bateri	X	X	/	/	/

Jadual 4 menunjukkan masalah yang dihadapi oleh kontraktor G7 dalam penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Daripada jadual tersebut menunjukkan R3, R4 dan R5 bersetuju bahawa kesemua masalah tersebut merupakan isu utama kepada kontraktor G7 semasa menggunakan dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Pencerobohan hak privasi menjadi masalah utama dalam penggunaan teknologi dron. Manakala bagi R1 dan R2 mempunyai pendapat yang berbeza. R1 menyatakan kos pelaksanaan yang tinggi, sekatan undang-undang dan peraturan dan kekurangan serta kepakaran pengendalian dron menunjukkan tidak begitu ketara dalam masalah penggunaan dron di projek bangunan tinggi. Menurutnya:

"Kos pembelian dron tidak dianggap sebagai halangan utama kerana teknologi dron kini semakin maju dan sentiasa dinaik taraf. Keadaan ini menyebabkan harga dron menjadi lebih berpatutan dengan kualiti serta prestasi peralatan yang semakin baik. Selain itu Kos penyelenggaraan dron juga dapat dikurangkan serta dapat meningkatkan kebolehppercayaan operasi." (R1)

Sementara itu bagi responden 2 menyatakan masa operasi penerbangan yang terhad tidak menjadi isu utama. Berikut merupakan maklumbalas R2:

"Kekangan masa operasi tidak menjadi masalah utama kerana penggunaan dron versi baharu yang lebih canggih dan dilengkapi dengan bateri berkapasiti tinggi Keadaan ini membolehkan dron terbang lebih lama, sekaligus meningkatkan keberkesanan pemantauan keselamatan di tapak bangunan tinggi tanpa gangguan ketara," (R2)

Oleh itu, hasil kajian menunjukkan objektif kedua telah dicapai dimana dapat disimpulkan bahawa pencerobohan hak privasi seperti kawasan yang sentitif wujud dalam penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Dron mampu mengumpul maklumat peribadi melalui pengambilan gambar, rakaman video serta audio tanpa kebenaran terlebih dahulu (Schreiber & Ostiary, 2014). Hal ini secara langsung boleh mencerobohi ruang peribadi dan kehidupan individu yang berada di kawasan berkenaan, terutamanya apabila penerbangan dron dilakukan di lokasi yang padat penduduk atau di kawasan kediaman.

4.4 Strategi untuk meningkatkan penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi

Jadual 5 Strategi Untuk Meningkatkan Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi

Strategi Untuk Meningkatkan Penggunaan Teknologi Dron Dalam Pemantauan Keselamatan Di Projek Bangunan Tinggi	R1	R2	R3	R4	R5
Menyediakan Latihan	/	/	/	/	/
Subsidi dan Insentif Kerajaan	/	/	/	/	/
Penggubal Polisi dan Garis Panduan	/	/	/	/	/
Peningkatan Kesedaran Industri	/	X	/	/	X
Pemantauan dan Penilaian Berterusan	/	/	/	/	/

Merujuk kepada jadual 5, R1, R3, dan R4 menyatakan setuju atas kesemua cadangan strategi yang dinyatakan. Salah satu strategi yang disokong Adalah pemberian subsidi dan intensif oleh Kerajaan. Insentif seperti memberikan peruntukan kos untuk penggunaan dron, pengecualian cukai, bantuan kewangan, atau geran pembelian boleh mengurangkan beban kos awal pelaburan dalam teknologi dron. Ini amat penting terutamanya bagi syarikat kecil dan sederhana yang mempunyai sumber kewangan yang terhad (Yahya et al., 2021).

Sebaliknya, R2 dan R5 berpendapat bahawa cadangan peningkatan kesedaran dari pihak industri masih kurang diketahui oleh segelintir syarikat pembinaan. Berikut merupakan kenyataan dari R2 dan R5:

"Tidak saya rasa masih banyak pihak dalam industri kurang mengetahui tentang teknologi dron. Kesedaran masih terhad kepada segelintir syarikat sahaja, bukan majoriti industri."(R2)

"Walaupun ada usaha, industri masih belum cukup peka. Banyak syarikat kecil dan sederhana belum mempraktikkan penggunaan dron secara sistematik."(R5)

Oleh itu, hasil kajian objektif ketiga telah dicapai dimana responden R1, R3 Dan R4 berpendapat kesemua langkah-langkah ini boleh diambil untuk meningkatkan kepenggunaan teknologi dron di bangunan tinggi. Dapatan ini menekankan bahawa kerjasama antara kerajaan dan sektor swasta memainkan peranan dalam meningkatkan penggunaan teknologi pada masa akan datang.

5. Kesimpulan dan Cadangan

Kajian ini merumuskan bahawa keseluruhan dapatan berdasarkan tiga objektif utama kajian adalah tercapai iaitu mengkaji cabaran, mengenalpasti masalah dan mencadangkan strategi untuk meningkatkan penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Ianya adalah bertujuan untuk memberikan perhatian kepada pihak kontraktor yang terlibat dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Selain itu, kajian ini turut mengenal pasti beberapa kekangan yang dihadapi sepanjang pelaksanaan kajian serta mengemukakan cadangan bagi penyelidikan lanjutan pada masa hadapan.

5.1 Pencapaian Objektif Kajian

Menurut CIDB, jumlah kontraktor G7 yang berdaftar di negeri Johor adalah sebanyak 778 syarikat dan kaedah pengiraan persampelan Krejcie & Morgan (1970), jumlah populasi kontraktor G7 yang berdaftar di Johor adalah seramai 260 orang responden. Namun begitu, dalam tempoh kajian penyelidik mendapati hanya sebanyak 171 borang soal selidik yang diterima daripada responden bagi tujuan analisis data.

Objektif pertama kajian ini adalah untuk mengkaji cabaran dalam penggunaan teknologi dron bagi pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Hasil kajian menunjukkan bahawa kekangan cuaca, isu privasi dan keselamatan data serta keperluan latihan tambahan mendapat persetujuan daripada kesemua responden sebagai cabaran dalam penggunaan teknologi dron. Walaupun cabaran ini menjejaskan keberkesanan operasi dron, ia boleh dikurangkan melalui perancangan yang rapi, penggunaan teknologi yang lebih canggih dan latihan operator yang sistematik bagi meningkatkan keselamatan tapak pembinaan. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa objektif pertama kajian ini telah tercapai dan pengurusan cabaran yang berkesan adalah penting bagi memastikan penggunaan teknologi dron dapat dimanfaatkan secara optimum untuk meningkatkan tahap keselamatan di tapak pembinaan bangunan tinggi.

Objektif kedua kajian ini adalah untuk menenalpasti masalah penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Hasil kajian mendapati bahawa isu pencerobohan hak privasi mendapat persetujuan daripada kesemua responden sebagai masalah dalam penggunaan teknologi dron. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa objektif kedua kajian ini telah tercapai. Majoriti responden berpandangan bahawa isu ini masih menjejaskan keberkesanan pemantauan keselamatan di tapak pembinaan jesteru perhatian khusus perlu diberikan kepada aspek perundangan, keselamatan dan kawalan operasi bagi memastikan penggunaan dron dapat meningkatkan keselamatan secara lebih efektif.

Strategi untuk meningkatkan penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi yang merangkumi penyediaan latihan, subsidi dan intensif daripada kerajaan, penggubal polisi dan garis panduan serta pemantauan dan penilaian berterusan menunjukkan bahawa kesemua responden bersetuju dengan kenyataan ini. Oleh itu terbukti bahawa objektif ketiga kajian ini telah tercapai. Strategi-strategi ini berpotensi meningkatkan kemahiran operator, mengurangkan kesilapan teknikal, meringankan kos pelaksanaan dan memastikan penggunaan dron dilaksanakan secara selamat serta sistematik. Secara keseluruhannya, pelaksanaan strategi yang komprehensif dan bersepadu adalah penting bagi menggalakkan penggunaan teknologi dron yang lebih berkesan dalam pemantauan keselamatan projek bangunan tinggi.

5.2 Rumusan kajian

Secara keseluruhannya, objektif kajian dan persoalan kajian ini telah dicapai dalam mengkaji cabaran, mengenal pasti masalah dan mencadangkan strategi untuk meningkatkan penggunaan teknologi dron dalam pemantauan keselamatan di projek bangunan tinggi. Data berjaya dikumpul melalui kaedah kualitatif iaitu temu bual bersama responden kontraktor G7 yang terlibat dalam penggunaan teknologi dron di projek bangunan tinggi. Hasil kajian menunjukkan bahawa strategi yang dicadangkan dapat membantu meningkatkan penggunaan teknologi dron pada masa hadapan. Namun, kerjasama semua pihak adalah penting untuk memastikan dron digunakan secara selamat dan berkesan dalam pengawalan keselamatan di tapak bangunan tinggi.

Penghargaan

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

Konflik Kepentingan

Penulis mengumumkan bahawa tidak ada konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: **konsepsi dan reka bentuk kajian:** Raja Norshahira Binti Raja Mohamad Sukeri, Zailawati binti Khalid; **pengumpulan data:** Raja Norshahira Binti Raja Mohamad Sukeri; **analisis dan interpretasi hasil:** Raja Norshahira Binti Raja Mohamad Sukeri, Zailawati binti Khalid, **penyediaan draf manuskrip:** Raja Norshahira Binti Raja Mohamad Sukeri, Zailawati binti Khalid, Roshartini Omar, Sulzakimin Mohamed, Puteri Sidrotul Nabihah Saarani. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

Rujukan

- Adlina. (2024, June 7). Dron dalam Pemantauan Pembinaan. CIDB HQ <https://www.cidb.gov.my/dron-dalam-pemantauan-pembinaan/>
- Ahmad, T., Sulaiman, N., & Kamaruddin N. (2019). Human Factors in Construction Safety: The Malaysian Perspective. *MATEC Web of Conferences*, 266, 01007. https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/abs/2019/15/mateconficonbee2019_01007/mateconf_iconbee2019_01007.html
- Admin, & Admin. (2023b, July 14). *Smart Construction Sites: How AI and IoT are*
- Ambrose, M. (2010). Pengurusan Keselamatan Dan Keshatan Berkesan Di Tapak Bina Dari Pandangan Pegawai Keselamatan Dan Kesihatan Tapak. Ijazah Sarjana Muda Sains Pembinaan. Universiti Teknologi Malaysia.

- Aldiansyah. (2025, February 7). Kursus Drone di Malaysia Terbaik dan Murah 2025. Gadwinter.com. <https://www.gadwinter.com/kursus-drone/>
- AL-Dosari, K., Hunaiti, Z., & Balachandran, W. (2024). Drone safety and security surveillance system (d4s). *Applied Sciences*, 14(10), 4193.
- Ayob, I. (2017). The Adoption of Drone Technology in Construction Industry. Dicapai pada 19 April 2022 daripada <https://en.lne.st/2017/08/01/the-adoption-of-drone-technology-in-construction-industry/>
- Batteries, C. (2025, January 2). Bagaimana untuk mengecap, mengeluarkan, mengurus bateri dron? CM BATTERIES. <https://cmbatteries.com/ms/cara-mengecas-bateri-dron/>
- Bryman, A. (2016). *Social research methods* (5th ed.). United Kingdom: Oxford University Press.
- Bernama. (2024, August 19). Guna Dron Pantau Projek pembinaan | Suara Sarawak. Suara Sarawak. <https://suarasarawak.my/guna-dron-pantau-projek-pembinaan/>
- Clarke, R. (2014). Understanding the drone epidemic. *Computer Law & Security Review*, 30(3), pp. 230-246.
- Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.
- Chou P. N. (2018). Smart technology for sustainable curriculum: Using drone to support young students' learning. *Sustainability* (Switzerland), 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103819>
- Construction Industry Development Board (CIDB) (2017). Taking Malaysian Construction to New Levels. Heights, 1(2).
- Costa, D. B., Melo, R. R. S. De, & Bello, A. A. (2016). Evaluating the Performance of Unmanned Aerial Vehicles for Safety Inspection. *International Group for Lean Construction*, pp. 23-32.
- Cracknell, A. P. (2017). UAVs: regulations and law enforcement. *International Journal of Remote Sensing*, 38(8-10), 3054-3067.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). United States: Sage Publications
- Cross, M., & Plunkett, E. (2014). Methods of data analysis. Key Concepts for the FRCA, 357-365. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107326200.146>
- Alateeq, M., P.P., F., & Ali, M. (2023). *Construction Site Hazards Identification Using Deep Learning and Computer Vision. Sustainability*.
- 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/>
- Daniel, B., Kumar, V., & Omar, N. (2018). Postgraduate conception of research methodology: implications for learning and teaching. *International Journal of Research & Method in Education*, 41(2), pp. 220-236.
- Doupons, Q.F., Chua, D.K., Tashrif, A., & Abbott, E.L. (2017). Potential Application of UAV along the Construction Value Chain. *Procedia Engineering*, 182, 165173.
- Dosm. (n.d.). Department of Statistics Malaysia. <https://www.dosm.gov.my/portal-main/release-content/construction-statistics-fourth-quarter-2023?>
- Dr.MarsCarolineWibowo.S.T.,M.Mm.Techhttps://digilib.stekom.ac.id/assets/dokumen/ebook/feb_7c71df2818b600b60c2ee16271fd0978abfec6a_164_3792263.pdf.
- 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
- Fentie, B., & Gijo, E (2019). Applications of Drones in the construction industry: a review. *Automation in Construction*, 101, 66-81.
- Gould, F. E. (2012). *Managing the Construction Process: Estimating, Scheduling, and Project Control* (4th ed.). United States: Pearson

- Grind Drone (2017), Advantages and Disadvantages of Drone Technology. Retrieved on April 30, 2018 from <http://grinddrone.com/dronefeatures/advantagesandhttp://grinddrone.com/dronefeatures/advantages-and-disadvantages-dronedisadvantages-drone>
- Gikas, V., & Kakogiannis, D. (2017). The use of small UAVs and photogrammetric software for topographic surveying in archaeological sites. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(2), 107-112
- Hall, J. R. (2000). High-rise building fires. The Association
- Hua, A. K. (2016). Pengenalan rangka kerja metodologi dalam kajian penyelidikan: Satu Kajian kes. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities*, 1(1), pp 1723.
- Ismail, Z., Abdullah, M. S., & Rahman, N. A. (2021). Construction Site Safety Management in Malaysia: Issues and Challenges. *Journal of Construction in Developing Countries*, 26(1), 123-138
http://web.usm.my/jcdc/vol26_1_2021/jcdc2021.26.1.7.pdf
- Irizarry, J., Gheisari, M., & Walker, B. N. (2012). Usability assessment of drone technology as safety inspection tools. *ITcon*, 17, 194-212. <https://www.itcon.org/2012/12>
- Janssen, S. L. (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/lanssen-Simon.pdf>
- Jones, R. (2018). Qualitative data analysis: A practical introduction. United Kingdom: Sage Publications.
- John, R.H.J, 2013.High-Rise Building Fires.National Fire Protection Association Fire Analysis and Research Division
- Kim, H., & Cho, Y. K. (2020). Weather Impact on UAV Operations in Construction Site Monitoring. *Automation in Construction*, 113, 103131. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103131>
- Klauser, F., & Pedrozo, S. (2015). Power and space in the drone age: a literature review and politico-geographical research agenda. *Geographica Helvetica*, 70(4), 285-293.
- Kim, S., & Irizarry, J. (2016). Lessons Learned from Unmanned Aerial System-Based 3D Mapping Experiments. 52 *ASC Annual International Conference Proceedings*, pp. 1-8
- Li, Y., & Liu, C. (2018). Applications of multirotor drone technologies in construction management. *International Journal of Construction Management*, 19(5) 401412 <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1452101>
- Lawani, K., Hare, B., Cameron, I., Hamid Homatash & Campbell, J.H. (2002). Designing Drone Game for Construction Site Inspection.7. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.771703>
- Mansor, A., Ilias, N. H., Abd Aziz, Z. A., & Hassan, K. (2012). Tahap keselamatan tapak pembinaan kajian kes: projek pembangunan kawasan industri.
- Masri, S. (2005). Kaedah Penyelidikan Dan Panduan Penulisan: Esei, Proposal, Tesis. Utusan Publications.
- Malaysia, J. M., & Tahunan, L. (2012). Jabatan Meteorologi Malaysia. <https://www.met.gov.my/pendidikan/iklim-malaysia/>
- Muhammad, M. F., Tahir, M. M., Tawil, N., & Ani, A. C. (2018). Adaptasi Bangunan Pencakar Langit Dalam Persekitaran Bersejarah. *Journal of Design+ Built*, 11(1) 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.
- 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
- Nasrun, M. et al (2016). 'Factors Affecting Safety Performance in Construction Industry', *International Review of Management and Marketing*
- 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

- Osman, W. N., Aminuddin, N. S. & Naw, 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.
- Opfer, N. D., & Shields, D. R. (2014). Unmanned Aerial Vehicle Applications and Issues for Construction. 121st ASEE Annual Conference & Exposition.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). Sage Publications.
- Pico, W. J. Del. (2013). *Project Control: Integrating Cost and Schedule in Construction*. Canada: John Wiley & Sons, Inc
- Penggunaan Dron tingkatkan prestasi sektor pembinaan negara. (n.d.). BERNAMA. <https://bernama.com/bm/news.php?id=2330686>
- Roslan, M. R. (2022, September 6). Pelan Tindakan Teknologi Dron Malaysia 2022-2030 dibangunkan. *Kosmo Digital*. <https://www.kosmo.com.my/2022/09/06/pelantindakanteknologidronhttps://www.kosmo.com.my/2022/09/06/pelan-tindakan-teknologi-dron-malaysia-2022-2030-dibangunkan/malaysia-2022-2030-dibangunkan/>
- Robinson, C. L. (2016). *Cyber Security and Law Enforcement Unmanned Aircraft Systems* (Unpublished Doctoral dissertation). Middle Tennessee State University, Murfreesboro, Tennessee.
- Samad, A. M., Kamarulzaman, N., Hamdani, M. A., Mastor, T. A., & Hashim, K. A. (2013, August). The potential of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for civilian and mapping application. In *2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology* (pp. 313-318). IEEE.
- Schreiber, L., & Ostiari, E. (2014). Game of Drones: Do Civilian Applications Harbour Opportunities for Sustainable Development? *Mirova*, pp. 1-13
- Shahwahid, F. M., & Miskam, S. (2015). Personal Data Protection Act 2010: Taking the First Steps towards Compliance: Akta Perlindungan Data Peribadi 2010: Mengambil Langkah Awal ke arah Pemuatan. *Journal of Management and Muamalah*, 5(2), 64-75.
- 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.
- Smith, J., Flowers, P., & Larkin, M. (2019). *Qualitative research methods: A practical guide*. United States: Wiley.
- Syazwan Syah Zulkifly & Mokhtar Zamimi Ranjan. (2024). Penguatkuasaan pemuatan perundangan berkaitan keselamatan dan kesihatan pekerjaan di sektor pembinaan. *UUM Journal of Legal Studies*, 15(1), 361-383. <https://doi.org/10.32890/uumjls2024.15.1.15>
- Tan, L.K.L., Lim, B.C., ParkG., 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
- Tian, L., Wright, A., Painter, B., & Pazhoohesh, M. (2023). Factors influencing BIM use in green building construction project management in the UK and China. *Building Research & Information*, 51(7), pp. 853-870. Ali, M., & Ahmad, N. (2020). *Pemilihan responden dalam kajian sosiologi*. *Jurnal Penyelidikan Sains Sosial*, 15(2), 123-135.
- Teknologi Dron Dan Cabaran Masa Hadapan. (n.d.). <https://mranti.my/happenings/news/teknologiacabaranmasahttps://mranti.my/happenings/news/teknologi-dron-dan-cabaran-masahadapanhadapan>
- Umar, T. (2021). Applications of drones for safety inspection in the Gulf Cooperation Council construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(9), 2337-2360.

- View of Kajian Kes Pengurusan Keselamatan dan Kesihatan Pekerja di Tapak Bina: PerspektifKontraktor.(n.d.).<https://www.akademiabaru.com/submit/index.php/arbms/article/view/1232/2598>
- Wang, S., & Tsai, C. (2021). Privacy and Security Challenges in UAV Data Management for Construction Sites. *Journal of Information Security and Applications*, 58, 102768. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2021.102768>
- 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
- Yahya, M. Y., Shun, W. P., Yassin, A. M., & Omar, R. (2021). The Challenges of Drone Application in the Construction Industry. *Journal of Technology Management and Business*, 8(1), 20-27.
- Zhang, C., Li, H., Wang, C., & Li, Y. (2020). BIM-Enabled Collaborative and Interactive Construction Progress Monitoring Using UAV Photogrammetry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(6) 04020061. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001820](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001820)
- Zhang, J., Wang, X., & Li, Q. (2019). Battery Life Constraints and Solutions for UAV Applications in Construction Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(7), 04019045. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001649](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001649)