

Pengaruh Perubahan Cuaca terhadap Penyiapan Kerja-Kerja Pembinaan di Tapak Bina

Influence of Climate Change on Completion of Construction Works on Construction Sites

HARYATI SHAFII^{1*}, EZZER HARRYSON ANAK STEPHEN², AZLINA MD YASSIN³, HAIDALIZA MASRAM⁴, SEOW TA WEE⁵ & MOHD HAIRY IBRAHIM⁶

^{1,2, & 5}Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 86400 Pt. Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia

^{3 & 4}Jabatan Pengurusan Harta Tanah, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 86400 Pt. Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia

⁶Jabatan Geografi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains Kemanusiaan, Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

*Corresponding author: Haryati Shafii: haryati@uthm.edu.my

Published online: 30 June 2023

To cite this article: Shafii, H., Stephen, E. H., Md Yassin, A., Masram, H., Seow, T. W., & Ibrahim, M. H. (2023). Pengaruh Perubahan Cuaca terhadap Penyiapan Kerja-Kerja Pembinaan di Tapak Bina. *GEOGRAFI*, 11(1), 99–122. <https://doi.org/10.37134/geografi.vol11.1.6.2023>

ABSTRAK Pengaruh cuaca adalah salah satu faktor yang mengganggu penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina. Kesukaran dalam meramal cuaca boleh memberi kesan kepada projek binaan dan rangka kerja penjadualan projek serta menyebabkan penyiapan kerja menjadi lambat. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk mengenalpasti faktor cuaca yang mempengaruhi penyiapan kerja-kerja pembinaan dan kesan perubahan cuaca kepada penyiapan kerja-kerja pembinaan serta mengkaji tindakan yang boleh diambil bagi mengurangkan risiko pengaruh cuaca terhadap penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina. Skop kajian menumpukan kepada pengurus projek, penyelia tapak, dan jurutera di kawasan Kuala Lumpur. Data dikumpul melalui sesi temubual bersama dua orang pengurus projek, dua orang penyelia tapak dan dua orang jurutera yang terlibat dalam projek pembinaan. Dapatan kajian dianalisis menggunakan kaedah analisis tematik bagi mencapai objektif kajian. Hasil kajian menunjukkan bahawa hujan adalah cuaca yang paling mempengaruhi penyiapan kerja-kerja pembinaan dan boleh menyebabkan projek tergendala, mengganggu penjadualan projek dan kos binaan. Manakala untuk tindakan, pengetahuan am berkenaan trend cuaca semasa perlu dalam merangka penjadualan projek, penyimpanan bahan binaan dan jentera binaan yang baik dan peraturan keselamatan yang harus dipatuhi dan sebagai tindakan terbaik dalam mengurangkan risiko pengaruh cuaca dalam penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina. Diharapkan kajian ini dapat membantu pihak-pihak yang terlibat dalam sektor pembinaan untuk mengambil kira pengaruh cuaca tempatan dalam mengurangkan risiko dalam kerja-kerja pembinaan.

Kata Kunci: Perubahan Cuaca, Kerja pembinaan, Penjadualan projek, Penyiapan Kerja, Tapak Bina

ABSTRACT The influence of weather is one of the factors that interfere with the completion of construction works on the construction site. Difficulties in forecasting the weather can affect the construction project and the project scheduling framework as well as cause the completion of the work to be slow. Therefore, this study is carried out to identify weather factors that influence the completion of construction works and the impact of climate change on the completion of construction works as well as to study the actions that can be taken to reduce the risk of weather influence on the completion of construction works on construction sites. The scope of the study focused on project managers, site supervisors, and engineers in the Kuala Lumpur area. Data was collected through interviews with two project managers, two site supervisors and two engineers involved in the construction project. The findings were analysed using thematic analysis methods to achieve the objectives of the study. The results showed that rainfall is the weather that most affects the completion of construction works and can cause the project to stall, disrupting project scheduling and construction costs. While for action, general knowledge of current weather trends is necessary for drafting project scheduling, good storage of building materials and building machinery and safety regulations to be followed and as the best course of action in reducing the risk of weather influence in the completion of construction works on construction sites. It is hoped that this study will help the parties involved in the construction sector to consider the influence of local weather in reducing risks in construction works.

Keywords: Climate Change, Construction work, Project Scheduling, Completion of Work, Construction Site

1. Pengenalan

Pada masa kini, industri pembinaan dikategorikan sebagai pemacu ekonomi utama sesebuah negara. Pada suku tahun pertama 2023, sumbangan sektor pembinaan kepada Kadar Keluaran Negara Kasar (KDNK) mencatatkan 7.4% (DOSM, 2023). Peratusan ini adalah tinggi berbanding sektor-sektor lain seperti perkhidmatan 7.2%, perlombongan dan kuari 2.4%, pertanian 0.9% dan sebagainya. Sumbangan industri pembinaan telah merencanakan lagi aktiviti-aktiviti pembinaan lain seperti kediaman, perindustrian, utiliti, infrastruktur dan juga komersial. Dalam masa yang sama, pelbagai projek pembangunan sedang dijalankan dalam usaha untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi negara. Sektor industri pembinaan semakin berkembang, namun dalam masa yang sama berhadapan dengan banyak cabaran dalam menyiapkan sesebuah projek mengikut masa yang ditetapkan. Antara cabaran utama adalah pengaruh cuaca yang boleh memberikan kesan kelewatan terhadap kesiapan projek pembinaan. Keadaan ini berlaku apabila proses pembinaan tergendala atau mengalami kelewatan ekoran keadaan cuaca yang ekstrem. Kenyataan ini disokong oleh kajian Ramli *et al.* (2019), menyatakan bahawa faktor cuaca dikenal pasti sebagai faktor utama terjadinya kelewatan projek pembinaan di Malaysia. Di dalam kajiannya, kontraktor dan subkontraktor terpaksa memberhentikan kerja pembinaan sehingga keadaan menjadi selamat dan sesuai untuk meneruskan kerja di tapak binaan disebabkan oleh keadaan cuaca yang buruk.

Malaysia merupakan sebuah negara yang mengalami iklim khatulistiwa dengan bercirikan cuaca panas dan lembab sepanjang tahun. Cuaca ini memberi kelebihan dalam beberapa aspek ekonomi umpamanya sektor pertanian. Namun, dalam sektor pembinaan keadaan cuaca yang kerap mengalami hujan menjadi punca utama yang menyumbang kepada masalah kelewatan projek di tapak bina. Kelewatan ini ekoran keadaan cuaca yang mengganggu proses-proses penyiapan kerja (Hassan, 2018). Keadaan cuaca yang tidak menentu akan menyebabkan semua aktiviti pembinaan terjejas dan menjadi terhad. Dalam erti kata lain, cuaca sangat mempengaruhi penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina. Keadaan menjadi bertambah serius apabila berlakunya hujan dan angin kencang yang mengganggu kesiapan projek.

Pengaruh cuaca adalah faktor alam semua jadi yang tidak dapat dikawal oleh manusia. Kesukaran dalam meramalkan cuaca boleh menjadi faktor yang mempengaruhi kerja-kerja binaan. Menurut Jung *et al.* (2016), kesukaran dalam meramal variasi cuaca boleh memberi kesan kepada kerja harian projek dan melambatkan proses penyiapan projek walaupun gangguan cuaca hanya berlaku kurang dari satu hari. Kerja-kerja pembinaan terpaksa dihentikan sehinggalah gangguan cuaca tersebut reda. Kenyataan ini jelas menunjukkan bahawa faktor cuaca sangat mempengaruhi penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina. Oleh yang demikian, pentingnya pengurus projek pembinaan memahami faktor cuaca, kerana faktor ini didapati paling mempengaruhi proses penyiapan projek binaan dan boleh memberi kesan terhadap kerja-kerja binaan. Hal ini penting supaya tindakan dan langkah-langkah awalan dapat dijalankan bagi mengurangkan risiko kelewatan projek pembinaan.

Menurut Hassan (2018), di Malaysia industri pembinaan kebiasaannya akan berdepan dengan isu kelewatan projek dan juga pertambahan masa dalam penyiapan sesebuah projek pembinaan disebabkan oleh faktor cuaca. Di samping itu, keadaan cuaca di Malaysia yang selalu mengalami hujan dan angin kencang boleh menjadi faktor yang mempengaruhi penyiapan projek serta memberikan impak yang besar kepada penjadualan projek dan kos projek. Oleh itu, pentingnya pengetahuan berkaitan trend cuaca semasa supaya kontraktor dan pemilik projek dapat merancang dan membuat anggaran tempoh masa projek yang lebih baik. Selain itu ianya dapat mengurangkan pertikaian akibat kelewatan, dan mengurangkan pembaziran kos akibat ketidakpastian keadaan cuaca dengan tempoh penyiapan projek.

Oleh yang demikian, objektif penulisan artikel ini bertujuan (i) mengenal pasti faktor cuaca yang mempengaruhi penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina, (ii) mengenal pasti kesan perubahan cuaca kepada penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina dan (iii) mencadangkan tindakan yang boleh diambil bagi mengurangkan risiko pengaruh cuaca dalam penyiapan kerja-kerja di tapak binaan. Kajian ini memfokuskan pengaruh cuaca setempat dan kesan pengaruh cuaca tersebut kepada kerja-kerja pembinaan. Kajian juga tertumpu kepada tindakan-tindakan yang boleh diambil untuk mengurangkan risiko pengaruh cuaca terhadap penyiapan kerja binaan di sekitar Kuala Lumpur. Kajian ini memilih projek-projek pembinaan di

sekitar Kuala Lumpur yang sering berhadapan hujan lebat, angin kencang dan rebut petir. Justifikasi pemilihan kawasan kajian adalah kerana Kuala Lumpur merupakan wilayah yang pesat dengan aktiviti pembinaan dan seringkali berhadapan dengan fenomena banjir kilat.

Secara umumnya, industri pembinaan adalah antara industri yang terdedah kepada cuaca yang melampau disebabkan faktor luaran yang boleh menyebabkan projek pembinaan terdedah secara langsung kepada faktor cuaca. Menurut Alshebani & Wedawatta (2014) keadaan cuaca yang melampau memberi kesan yang negatif kepada industri binaan dan juga ekonomi secara keseluruhannya. Antara risiko penting dalam kerja-kerja pembinaan ialah kelewatan dalam penyiapan aktiviti kritikal projek. Disebabkan oleh kelewatan ini, sukar untuk sesebuah projek dapat disiapkan mengikut tarikh yang ditetapkan (Halpin, 2005). Kenyataan ini diperkukuhkan lagi oleh Larsson & Rudberg (2019) yang juga menyatakan cuaca adalah antara faktor yang boleh menyebabkan gangguan, kelewatan dan lebihan kos dalam projek pembinaan. Hujan dan angin kencang menghalang keupayaan pekerja untuk melaksanakan kerja secara optimum. Faktor cuaca mesti diambil kira semasa merancang kerja pembinaan dan perlu untuk laraskan data produktiviti untuk keadaan cuaca tertentu bagi mendapatkan jangka masa projek dan anggaran kos yang boleh dipercayai (Larsson & Rudberg, 2019).

Perubahan cuaca yang melanda seluruh dunia telah mengesani pelbagai sektor ekonomi secara global dan turut menyumbang kesan negatif terhadap aktiviti-aktiviti pembangunan sama ada secara mikro ataupun makro. Dalam sektor pembinaan, perubahan cuaca turut mempengaruhi proses kesiapan projek pembinaan. Fenomena cuaca seperti hujan lebat, angin kencang, ribut petir dan banjir kilat merupakan faktor yang menyebabkan projek pembinaan terpaksa dihentikan buat seketika. Dalam projek pembinaan, perubahan masa akan melibatkan kos. Justeru, keadaan ini akan merugikan pihak kontraktor dan pemaju pembinaan. Kajian terhadap perubahan cuaca yang mempengaruhi kesiapan projek pembinaan merupakan satu kajian yang wajar diberi perhatian dan dipertingkatkan kerana ianya boleh membantu sektor pembinaan mandiri dan rentan terhadap elemen cuaca. Kesiapsiagaan, pihak kontraktor dan pemaju dengan maklumat cuaca setempat akan membantu daripada segi perancangan dan penjadualan projek supaya, kelewatan projek dapat dielakkan pada masa akan datang.

2. Kajian Literatur

2.1 Parameter cuaca yang mempengaruhi proses penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak

Secara umumnya, terdapat beberapa parameter cuaca yang mempengaruhi penyiapan kerja pembinaan di tapak pembinaan iaitu hujan, angin, dan rebut petir.

i. Hujan

Hujan merupakan proses semulajadi yang merujuk kepada titisan air dari langit turun permukaan bumi. Hujan terbentuk melalui proses kondensasi iaitu

proses pertukaran air daripada bentuk wap kepada cecair. Proses ini memainkan peranan penting kepada kitaran air kerana kondensasi penting dalam proses pembentukan awan. Awan seterusnya pula menghasilkan hujan dan inilah cara utama untuk air sejatan kembali semula ke bumi. Manakala takrifan lain bagi hujan ialah cecair yang berasal dari atmosfera dalam bentuk cecair atau cecair beku jatuh ke permukaan bumi (Pragoya, 2019).

ii. Angin

Angin boleh ditakrifkan sebagai pengendali anjakan udara yang terhasil daripada perbezaan tekanan yang disebabkan oleh daya semula jadi, atau boleh terhasil daripada perbezaan tekanan statistik fenomena haba bagi iklim mikro, yang kita panggil udara atau angin. Beban angin mempunyai peranan penting dalam reka bentuk bangunan tinggi (Daemei et al., 2019).

iii. Ribut petir

Menurut Galanaki et al. (2018), ribut petir membentuk peristiwa perolakan yang dikaitkan dengan aktiviti elektrik. Oleh itu, ribut petir boleh dikesan melalui kejadian kilat sebagai sel perolakan berdiri sendiri atau tertanam dalam sistem perolakan skala meso (MCS), garisan *squall* dan sistem atmosfera lain seperti siklon (*cyclone*). Ribut petir dianggap berbahaya disebabkan oleh pancaran kilatnya yang boleh meragut nyawa.

2.2 Kesan pengaruh cuaca terhadap penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina

i. Pengaruh cuaca terhadap tapak binaan

Cuaca setempat dapat mempengaruhi kerja-kerja di tapak binaan. Menurut Schuldt et al. (2021), pengaruh cuaca iaitu elemen hujan boleh menjejaskan operasi kerja tanah dan penyediaan tapak binaan. Selain itu, elemen hujan boleh menghalang prestasi pembinaan dan meningkatkan kelembapan tanah yang sedikit sebanyak menjejaskan kepadatan tanah. Air hujan yang terkumpul boleh membanjiri tapak kerja dengan cepat tanpa sistem perparitan yang betul (Schuldt et al., 2021). Tambahan pula, kemudahan saluran kekal atau sementara haruslah disediakan terlebih dahulu sebagai persiapan banjir kilat.

ii. Pengaruh cuaca terhadap keselamatan pekerja

Menurut Jung et al. (2016), hujan boleh menyebabkan kemalangan seperti tergelincir, kecelakaan akibat permukaan yang licin dan terjatuh dari altitud yang tinggi. Selain itu, peralatan yang sensitif kepada kelembapan, seperti peralatan yang menggunakan kuasa elektrik, boleh mendatangkan kecederaan sekiranya pekerja menyentuh dengan tangan yang basah ataupun menggunakan peralatan yang basah bagi pengoperasian (Jung et al., 2016).

Manakala, menurut Larsson & Rudberg (2019) pula, tiupan angin yang kuat boleh meningkatkan risiko kemalangan, dan memerlukan langkah keselamatan

yang lebih teratur sewaktu bekerja di tempat yang tinggi. Keselamatan pekerja yang bekerja pada altitude yang tinggi juga terkesan disebabkan oleh angin yang kuat. Oleh yang demikian, pekerja pembinaan tertakluk kepada Perundangan Piawaian Keselamatan yang secara amnya melarang pekerja daripada menyelesaikan tugas pembinaan terutama menggunakan perancah semasa angin kencang dan rebut berlaku. Begitu juga kerja-kerja melibatkan pengendalian jentera dan peralatan yang menggunakan kuasa elektrik, kerana apabila berlaku rebut petir risiko keselamatan pekerja terjatuh atau mendapat renjatan elektrik adalah tinggi (Schuldt et al., 2021). Situasi ini menunjukkan bahawa faktor cuaca seperti parameter angin dan rebut petir harus dititikberatkan terutama apabila mengambil kira aspek keselamatan pekerja yang bekerja pada altitud yang tinggi.

iii. Pengaruh cuaca terhadap kesihatan dan produktiviti pekerja

Cuaca seperti angin dan suhu rendah juga menjejaskan produktiviti pekerja dan juga tahap kesihatan pekerja-pekerja binaan (Larsson & Rudberg, 2019). Pekerja boleh menderita dari segi psikologi dan fisiologi akibat keadaan cuaca yang teruk, dan ini boleh menyebabkan kehilangan produktiviti (Jung et al., 2016). Selain itu, Schuldt et al., (2021) juga berkata bahawa pekerja yang terdedah kepada cuaca sejuk sewaktu hujan yang berterusan dapat menjejaskan kulit, otot, dan organ dalaman di samping mengurangkan prestasi pekerja binaan. Walau bagaimanapun, kesan produktiviti pekerja yang terjejas disebabkan oleh cuaca sejuk boleh dikurangkan dengan pemakaian pakaian sesuai yang dapat memerangkap haba.

Manakala menurut Larsson & Rudberg (2021), suhu yang sejuk menjejaskan aktiviti manusia dan memperlambatkan kadar kerja. Kenyataan ini disokong oleh Schuldt et al., (2021) yang menjelaskan hujan memperlambatkan atau menghentikan produktiviti dan mengalihkan perhatian pekerja untuk menutup atau melindungi bahan dan kawasan kerja. Suhu yang sejuk sewaktu hujan juga boleh menyebabkan bahaya jatuh kerana pekerja boleh tergelincir di atas tapak binaan (Schuldt et al., 2021).

Kerpasan yang berlaku sebagai hujan renyai (kurang daripada 4 mm setiap 12 jam) boleh mengurangkan produktiviti buruh sehingga 40%. Jung et al., (2016) mendapati bahawa walaupun kerpasan sederhana (sekurang-kurangnya 5 mm sejam) boleh mengakibatkan kerja terhenti. Kerpasan juga boleh memberi kesan terhadap pembinaan. Dalam keadaan suhu yang sejuk, pekerja mungkin mengalami penyejukan melampau atau kerosakan tisu apabila bahagian badan terdedah kepada cuaca sejuk (Larsson & Rudberg, 2021).

Selain itu, kelajuan angin juga dapat menjejaskan produktiviti pekerja (Jung et al., 2016). Kelajuan angin yang tinggi meningkatkan risiko kemalangan pekerja (Schuldt et al., 2021). Manakala, angin kencang mungkin menghalang sesuatu tugas seperti operasi mengangkat kren yang mengakibatkan produktiviti pekerja binaan berkurangan (Larsson & Rudberg, 2021).

iv. Pengaruh cuaca terhadap kos binaan

Peningkatan masa dalam tempoh pembinaan kerana berhadapan dengan keadaan cuaca dan iklim yang berubah boleh meningkatkan risiko pembinaan, anggaran kos pembinaan, dan seterusnya menyebabkan pengenalan rizab negara tambahan (Evseev et al., 2019). Menurut Dytczak et al. (2013), Ketidapekaan pengurus projek pembinaan terhadap keadaan cuaca buruk telah mengakibatkan kerugian masa dan kewangan yang besar. Ini disokong oleh kenyataan Ballesteros-Perez et al., (2016) yang menyatakan cuaca ekstrem boleh menyebabkan gangguan kerja, pembaziran sumber pembinaan, kelewatan projek yang ketara dan akhirnya membawa kepada kerugian kewangan bagi kontraktor dan pemilik projek. Kos yang mahal juga diperlukan untuk menyambung kerja pembinaan walaupun dalam keadaan cuaca yang tidak mengizinkan (Dytczak et al., 2013).

v. Pengaruh cuaca terhadap bahan binaan

Menurut Schuldt et al., (2021) keadaan cuaca yang buruk juga boleh memberi kesan yang negatif terhadap bahan binaan. Suhu sejuk menjejaskan tindak balas kimia yang diperlukan untuk konkrit melalui proses 'curing'. Akibatnya, proses pengerasan menjadi perlahan atau terhenti dan seterusnya yang melambatkan masa untuk membuka semula acuan konkrit (Larsson & Rudberg, 2021).

Schuldt et al., (2021) juga berkata bahawa hujan lebat juga boleh memberi kesan terhadap produktiviti untuk operasi konkrit misalnya boleh meningkatkan kandungan air campuran konkrit yang menyebabkan hasil negatif. Operasi penurapan asphalt juga mudah terdedah kepada kerpasan kecil dalam bentuk hujan, ataupun hujan batu. Ini kerana, campuran agregat dalam keadaan cuaca basah adalah sukar dan suhu yang beku pula boleh meningkatkan kepekatan terlalu cepat (Schuldt et al., 2021).

Keluli adalah satu bahan yang sering digunakan dalam projek pembinaan. Ia adalah bahan paling sering digunakan dalam struktur tetulang, termasuk tiang, dan sokongan struktur dalam pembinaan menegak (Schuldt et al., 2021). Disebabkan oleh kegunaan konkrit yang utama dalam projek industri, aktiviti yang menggunakan keluli biasanya terdapat di laluan kritikal projek dan boleh menjejaskan tempoh yang dijadualkan sekiranya ditangguhkan. Oleh itu, adalah penting untuk mengambil kira risiko cuaca apabila merancang projek yang mengandungi kerja keluli kerana biasanya kerja keluli terdedah kepada faktor cuaca luaran (Schuldt et al., 2021).

Apabila menggunakan keluli dalam pembinaan, perancang projek harus mempertimbangkan angin dan hujan dalam penjadualan mereka. Kelajuan angin ialah aspek cuaca yang paling kerap disebut memberi kesan kepada pembinaan keluli. Kelajuan angin melebihi lebih kurang 56.33 km/j adalah tidak selamat untuk operasi pemindahan kerana usaha ini melibatkan penggunaan kren (Schuldt et al., 2021). Selain itu, kaedah penyambungan seperti kimpalan juga dipengaruhi oleh hujan.

vi. Kesan pengaruh cuaca terhadap jentera binaan

Menurut Schuldt et al. (2021), keadaan cuaca yang mempengaruhi jentera binaan adalah, angin kencang dan hujan lebat. Keadaan cuaca berikut boleh menjejaskan had operasi bagi jentera pembinaan di tapak bina. Penyelesaian alternatif adalah dengan membina garaj bagi menyimpan jentera dan peralatan binaan. Ini kerana, secara lazimnya jentera binaan tidak mampu beroperasi pada waktu hujan (Schuldt et al., 2021).

Schuldt et al., (2021) menambah bahawa hujan boleh memberi kesan yang ketara ke atas operasi kenderaan pembinaan. Keadaan berlumpur akan menghadkan jenis kenderaan yang boleh dikendalikan di tapak bina. Keadaan berlumpur yang disebabkan oleh hujan juga akan menyebabkan operasi terhenti sepenuhnya, bergantung pada jenis kenderaan dan keadaan tanah. Sekiranya keadaan memburuk, tapak binaan mungkin tidak dapat diakses terutama apabila banjir berlaku (Schuldt et al., 2021).

Dari segi faktor cuaca lain pula, Schuldt et al., (2021) menyatakan bahawa kelajuan angin mempunyai kesan yang besar pada kren menara. Adalah tidak selamat untuk mengendalikan kren menara semasa angin kencang berlaku terutama dalam angin yang melebihi 72.42 km/j. Selain itu daya kekuatan angin yang bertiup lebih kuat berbanding daya tahanan kren menara untuk menampung beban akan menyebabkan operasi projek terpaksa dihentikan bagi mengelak risiko kemalangan kren dan juga pekerja (Schuldt et al., 2021).

vii. Kesan pengaruh cuaca terhadap penjadualan projek

Menurut Senouci & Mubarak (2014), keadaan cuaca yang melampau mempunyai kesan yang ketara terhadap penjadualan projek, kos dan keuntungan projek. Produktiviti buruh yang berkurang dan pengurangan waktu bekerja disebabkan oleh cuaca hujan membawa kepada kelewatan pembinaan, dan akhirnya mengganggu penjadualan projek sehingga tergendala. Kenyataan ini disokong oleh Ballesteros-Pérez et al. (2017), yang menyatakan keadaan cuaca yang tidak baik dan tidak terjangka memberi kesan kepada projek binaan dari sudut pelaksanaan kerja, sekaligus mengganggu penjadualan projek.

2.3 Langkah-langkah mengurangkan risiko pengaruh perubahan cuaca terhadap projek di tapak bina

Menurut Ballesteros-Pérez et al. (2015), hakikatnya adalah agak mustahil untuk mencari solusi yang seratus peratus boleh mengawal keadaan cuaca daripada mengesani aktiviti pembinaan. Walaubagaimana pun, pihak pengurusan pembinaan boleh merancang di peringkat awal dalam melaksanakan prosedur keselamatan dan kesihatan pekerja di tapak bina. Ia bertujuan untuk menambah baik jenis aktiviti di tapak bina dan penjadualan hari bekerja supaya aktiviti yang berpotensi terkesan dengan cuaca dapat dielakkan. Manakala hari-hari yang bebas daripada fenomena

cuaca dapat memfokuskan kepada jenis aktiviti yang sesuai. Perancangan penjadual aktiviti dan hari bekerja ini bertujuan mengurangkan risiko kemalangan pekerja dan seterusnya mengurangkan atau mengelak kelewatan aktiviti pembinaan dijalankan.

Selain itu, pengurus projek, pengurus risiko dan perancang pembinaan harus menangani keadaan cuaca yang tidak baik dengan menentukan berapa jumlah masa tambahan yang diperlukan bagi menggantikan hari-hari yang mengalami cuaca buruk. Selain itu, kaedah ini juga dapat menjangka dan menentukan waktu yang lebih baik untuk memulakan kerja di tapak, di samping meminimumkan kesan buruk keadaan cuaca dan kelewatan masa. Di dalam panduan dan syarat perancangan perjanjian, pemaju dan kontraktor haruslah menentukan dan menyatakan purata hari-hari yang dianggap sebagai hari tidak produktif disebabkan oleh keadaan cuaca yang tidak mengizinkan (Ballesteros-Pérez et al., 2015).

Sementara itu dari segi pengurusan risiko cuaca terhadap bahan binaan pula, Schuldt et al. (2021), menyatakan bahan yang secara langsung terdedah kepada unsur iklim, seperti konkrit, boleh diuruskan dengan menutup atau menambah halangan fizikal di antara bahan dan cuaca, seperti menggunakan terpal plastik. Menutup tapak binaan dengan terpal plastik dapat mengelakkan bahan binaan yang sedang melalui proses pengeringan seperti konkrit supaya tidak terjejas disebabkan oleh faktor cuaca seperti hujan. Selain itu, mengelak atau menyesuaikan diri dengan cuaca semasa pelaksanaan projek boleh membantu pengurus projek mengurangkan kelewatan projek secara keseluruhan (Schuldt et al., 2021).

3. Metodologi Kajian

3.1 Reka bentuk kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif iaitu menggunakan kaedah temubual berstruktur secara bersemuka (atas talian) bersama informan yang terpilih. Pengumpulan data adalah bersumberkan data primer dan data sekunder. Data sekunder adalah daripada bahan-bahan sekunder seperti buku, artikel jurnal, laman sesawang kementerian dan sebagainya. Manakala data primer pula diperolehi hasil daripada temubual bersama informan yang dipilih.

3.2 Populasi dan pensampelan kajian

Populasi bagi kajian ini adalah golongan industri pembinaan yang terdiri daripada pengurus projek, penyelia tapak dan jurutera yang terlibat dengan projek-projek pembangunan di sekitar Kuala Lumpur. Keutamaan diberi kepada projek pembangunan yang mengalami kelewatan akibat pengaruh cuaca. Antara kesan yang terjadi akibat faktor cuaca adalah seperti banjir kilat yang sering berlaku di sekitar Kuala Lumpur. Oleh itu, enam buah projek pembinaan sekitar Kuala Lumpur dipilih dalam kajian ini yang meliputi empat projek bangunan tinggi, satu projek perumahan dan satu projek bangunan komersial. Keenam projek ini dipilih berdasarkan informan yang telah ditemu bual sebelumnya.

Untuk mendapatkan sampel, pengkaji melayari internet bagi mendapatkan informasi berkenaan calon-calon informan sebelum menghubungi calon bagi memastikan kesesuaian calon tersebut dalam kajian ini. Selain itu, pengkaji menghubungi kenalan yang bekerja dalam sektor pembinaan dan bekerja di Kuala Lumpur bagi mendapatkan calon informan. Tinjauan awal telah dijalankan dan seramai tiga belas calon responden yang bekerja dalam sektor pembinaan di Kuala Lumpur berjaya dihubungi bagi mendapatkan kepastian sekiranya penyiapan projek yang sedang dikendalikan oleh informan terganggu ataupun tidak disebabkan oleh faktor cuaca. Semua informan yang dihubungi menyatakan bahawa projek mereka terkesan dengan faktor cuaca. Walau bagaimanapun, hanya enam sahaja yang sudi untuk ditemu bual bagi kajian ini di mana dua daripada mereka adalah penyelia tapak, dua orang adalah pengurus projek dan dua orang lagi adalah jurutera binaan. Justeru, jumlah informan yang terlibat dalam kajian ini adalah seramai enam orang.

3.3 Pengumpulan data

Sesi temubual telah dijalankan secara atas talian melalui *Google Meet*. Tempoh kerja lapangan ini mengambil masa selama sebulan lebih iaitu daripada awal bulan Mei 2022 hingga awal bulan Jun 2022. Sesi temu bual melibatkan enam orang informan daripada industri pembinaan di sekitar Kuala Lumpur.

3.4 Analisis data kajian

Analisis tematik adalah metod yang digunakan untuk menganalisis data kualitatif yang melibatkan pembacaan melalui sekumpulan data dan mencari pola makna data untuk menemukan tema. Ini adalah proses reflektivitas aktif di mana pengalaman subjektif peneliti berada di pusat pemahaman data. Analisis tematik adalah tipikal dalam penelitian kualitatif. Ini menekankan mengidentifikasi, menganalisis, dan menafsirkan pola data kualitatif.

Dalam kajian ini analisis tematik digunakan untuk menganalisis data-data yang diperoleh daripada sesi temu bual. Rangka kerja untuk menjalankan analisis tematik terdiri daripada enam langkah iaitu membiasakan diri dengan data, menjana kod awal, mencari tema, menyemak tema, mentakrif dan menamakan tema, dan menghasilkan laporan (Kiger & Varpio, 2020).

4. Analisis Hasil Kajian dan Perbincangan

4.1 Analisis latar belakang responden

Jadual 1 menunjukkan latar belakang informan berdasarkan senarai projek dan juga jawatan yang disandang. Berdasarkan jadual tersebut, menunjukkan pengalaman bekerja informan yang paling tinggi adalah 27 tahun iaitu I-1 dan memegang jawatan sebagai penyelia tapak. Manakala, I-3 pula mempunyai pengalaman bekerja yang paling minimum iaitu selama 1.5 tahun dan memegang jawatan sebagai jurutera. Informan terdiri daripada enam wakil daripada industri binaan iaitu dua daripada

mereka memegang jawatan sebagai penyelia tapak, dua orang memegang jawatan sebagai pengurus projek manakala dua orang informan lagi memegang jawatan sebagai jurutera.

Jadual 1
Latar Belakang Informan

Kod Informan (I)	Projek	Jawatan	Pengalaman Bekerja
I-1	Projek Bangunan Tinggi	Penyelia Tapak	27 Tahun
I-2	Projek Bangunan Komersial	Pengurus Projek	25 Tahun
I-3	Projek Bangunan Tinggi	Penyelia Tapak	3 Tahun
I-4	Perumahan	Jurutera	1.5 Tahun
I-5	Projek Bangunan Tinggi	Jurutera	5 Tahun
I-6	Projek Bangunan Tinggi	Pengurus Projek	15 Tahun

4.2 Analisis faktor cuaca mempengaruhi penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina

a) Pengaruh hujan dalam penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina

Jadual 2 menunjukkan analisis pengaruh bagi setiap cuaca iaitu cuaca hujan, angin kencang dan ribut petir terhadap kerja-kerja pembinaan di tapak bina.

Jadual 2
Analisis faktor cuaca mempengaruhi penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina

Faktor Cuaca	Kerja-kerja Pembinaan	Informan
Hujan	*Mengganggu kualiti kerja (tidak memuaskan, kurang berkualiti).	I-1, I-3, I-6 I-1, I-2, I-3, I-5, I-6
	*Mengganggu aktiviti kerja (tidak dapat dijalankan, tergendala).	I-1, I-2, I-3, I-4, I-5, I-6
	*Memberi risiko terhadap keselamatan pekerja.	I-1, I-2, I-3, I-5, I-6
	*Menyebabkan kawasan tapak terkesan (banjir)	
Angin Kencang	*Menyebabkan projek diberhentikan sementara (tergendala).	I-1, I-3, I-6 I-1, I-2, I-3, I-6
	*Memberi risiko kepada keselamatan pekerja (tempat tinggi).	I-1, I-2, I-3, I-5
	*Menyebabkan penggunaan jentera dihentikan	
Ribut Petir	*Mengganggu aktiviti kerja (terhenti, tergendala)	I-1, I-5, I-6
	*Keselamatan pekerja terganggu	I-1, I-2, I-3 I-5, I-6

Merujuk kepada Jadual 2, semua informan yang ditemui bersetuju bahawa pengaruh cuaca hujan sangat mempengaruhi penyediaan kerja-kerja pembinaan dari beberapa sudut. Pertama, semua informan menyatakan bahawa hujan sangat mengganggu kawasan tapak bina terutama sekali ianya boleh mengakibatkan banjir. I-1 turut menyatakan bahawa hujan yang berterusan juga akan menyebabkan air bertakung sehingga menyebabkan pembiakan nyamuk yang dapat memberi kesan kepada kesihatan pekerja di tapak bina. I-2 pula menyatakan bahawa hujan yang lebat boleh menyebabkan tapak pembinaan menjadi berlumpur dan menyukarkan kerja di tapak pembinaan diteruskan.

“Disebabkan taburan hujan di luar jangkaan yang berpanjangan, perancangan kerja di tapak bina menjadi sedikit terjejas ditambah dengan kerja-kerja infrastruktur yang terpaksa dihentikan. Disebabkan cuaca hujan yang tak menentu ini juga mengganggu penghantaran bahan binaan ke tapak dan sangat mengganggu kelancaran kerja di tapak” (I-6).

Selain itu, Informan juga menyatakan bahawa hujan mengganggu kualiti kerja, hasil kerja menjadi kurang memuaskan dan terdapat banyak kecacatan yang terjadi sehingga menjadikan kerja binaan kurang berkualiti disebabkan oleh aliran hujan yang bertakung. Perkara ini juga menyebabkan aktiviti kerja tidak dapat dijalankan dan tergendala terutama kerja-kerja di luar bangunan (I-1). Kemajuan (progress) kerja-kerja harian juga menjadi lambat sehingga mengganggu sasaran kemajuan kerja harian yang telah ditetapkan dalam jadual kerja (I-4).

Kesemua responden juga menyatakan kebimbangan terhadap keselamatan para pekerja. Keselamatan pekerja menjadi keutamaan kerana cuaca hujan yang lebat beserta banjir dapat membahayakan nyawa pekerja terutama apabila berhadapan/mengendalikan peralatan menggunakan tenaga elektrik.

“Kawasan kerja boleh menjadi licin dan membahayakan pekerja terutama yang bekerja di projek bangunan tinggi” (I-1).

(b) Pengaruh angin kencang dalam penyediaan kerja-kerja pembinaan di tapak bina

Merujuk kepada jadual 2 juga menunjukkan, tiga orang Informan iaitu I-3, I-4, dan I-5 menyatakan bahawa angin kencang adalah fenomena cuaca yang agak jarang berlaku dan tidak memberi kesan atau mempengaruhi penyediaan kerja-kerja pembinaan di tapak bina. Walau bagaimanapun, sekiranya berlaku, ia boleh menyebabkan beberapa perkara yang tidak diingini.

“Sekiranya angin kencang berlaku di tapak projek bangunan tinggi, projek akan dihentikan untuk sementara waktu sehingga angin reda” (I-6).

Projek juga boleh tergendala untuk sementara dan melambatkan kemajuan kerja. Menurut Informan juga, keselamatan pekerja juga dititikberatkan terutama di bahagian yang tinggi seperti di dalam projek bangunan tinggi kerana merisiko dan membahayakan pekerja. Ini diakui oleh I-1 dan I-2.

“Kerja-kerja pemasangan tepi bangunan tidak digalakkan semasa hujan” (I-1).

“Binaan atau bahan binaan boleh tumbang dan jatuh, sekaligus membahayakan keselamatan para pekerja di tapak bina” (I-2).

“Kerja-kerja yang melibatkan jentera binaan seperti ‘kren’ juga tidak dibenarkan beroperasi semasa angin kencang berlaku” (I-1).

Walau bagaimanapun, I-4 menyatakan bahawa angin kencang tidak memberi kesan atau pengaruh kepada penyiapan kerja pembinaan kerana ianya sangat jarang berlaku. Walau bagaimanapun sekiranya berlaku angin kencang, langkah keselamatan seperti kerja-kerja pembinaan dihentikan buat sementara waktu.

“Kebiasaannya pegawai penguasa telahpun menilai laluan angin kencang dan langkah-langkah penambahbaikan dalam jadual, namun projek akan tetap dihentikan sekiranya angin kencang berlaku terutama yang melibatkan projek bangunan tinggi” (I-6).

(c) Pengaruh ribut petir dalam penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina

Menurut I-1, I-5, dan I-6, ribut petir dapat mengganggu aktiviti pembinaan dan menyebabkan projek tergendala. Menurut I-5, ribut petir ini sangat berbahaya terutama ketika melibatkan aktiviti mengangkat bahan binaan oleh kren menara di tempat yang tinggi. Jentera binaan pula haruslah dipindahkan dari kawasan berair supaya selamat. Manakala, I-2, I-3, dan I-4 menyatakan bahawa ribut petir tidak memberi pengaruh kepada penyiapan kerja binaan kerana jarang berlaku. Selain itu, para informan juga menyatakan bahawa ribut petir juga mempengaruhi keselamatan para pekerja terutama di kawasan yang dapat mengalirkan cas elektrik yang mungkin boleh membahayakan para pekerja terutama di projek bangunan tinggi (Rujuk Jadual 2).

4.3 Faktor cuaca yang paling mempengaruhi kerja-kerja penyiapan projek di tapak bina

Jadual 3 merujuk kepada faktor cuaca yang paling mempengaruhi kerja-kerja penyiapan projek di tapak bina mengikut Informan.

Jadual 3
Faktor cuaca yang paling mempengaruhi kos binaan dan prestasi projek

Informan	Cuaca	Penyataan
I-1	Hujan	<ul style="list-style-type: none"> • Kelewatan Projek • Kerosakan bahan binaan
I-2	Hujan	<ul style="list-style-type: none"> • Kerosakan jentera binaan • Kebersihan tapak harus dilakukan
I-3	Hujan	<ul style="list-style-type: none"> • Kelewatan Projek • Kerosakan bahan binaan • Kerosakan jentera binaan
I-4	Hujan	<ul style="list-style-type: none"> • Kelewatan Projek
I-5	Hujan	<ul style="list-style-type: none"> • Kelewatan Projek
I-6	Hujan	<ul style="list-style-type: none"> • Kelewatan Projek

Merujuk kepada Jadual 3, kajian mendapati bahawa lima daripada enam informan yang ditemu bual menyatakan bahawa hujan adalah cuaca yang paling mempengaruhi kerja-kerja penyiapan projek di tapak bina (I-1, I-3, I-4, I-5 & I-6). Responden R2, R3, dan R6 menyatakan bahawa hujan adalah cuaca yang paling lazim berlaku di Malaysia dan apabila hujan berlaku secara berterusan, akan mengakibatkan banjir kilat yang mengganggu penyiapan kerja binaan di tapak bina.

“Keselamatan pekerja juga dititikberatkan dan kerja haruslah dihentikan sekiranya banjir berlaku di tapak bina” (I-4).

“Hujan adalah cuaca yang paling lazim berlaku dekat negara Malaysia. Kebiasaannya hujan yang turun adalah hujan lebat dan boleh berlaku sepanjang hari. Masalahnya apabila hujan yang berlaku sepanjang hari sudah pasti akan membantutkan kerja-kerja pembinaan. Kerja tergendala, bahan binaan rosak, jentera pun tidak dapat digunakan” (I-3).

Sebaliknya, hanya R1 yang memilih cuaca ribut petir sebagai cuaca yang paling mempengaruhi kerjakerja binaan.

“Bagi saya ribut petir paling berbahaya disebabkan oleh faktor tempat kerja yang berada di altitude tinggi dan juga keselamatan pekerja juga berisiko tinggi kerana terdedah kepada bahaya terutama yang menguruskan perancah dan kren di atas bangunan” (I-1).

4.4 Analisis risiko kesan perubahan cuaca kepada penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina

Dalam kajian ini, pengkaji menganalisis kesan perubahan cuaca kepada penyiapan kerja-kerja pembinaan oleh tiga jenis cuaca iaitu hujan, angin kencang, dan ribut petir.

(a) Kesan pengaruh cuaca (hujan)

Jadual 4 merujuk kepada kesan pengaruh cuaca hujan terhadap penyiapan kerja-kerja pembinaan. Dari segi tapak binaan, dapat dilihat bahawa hujan memberi kesan yang sangat dominan terhadap tapak binaan.

Jadual 4
Kesan pengaruh cuaca hujan

Elemen	Kesan-Kesan
Tapak Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Air bertakung (Banjir) • Tanah binaan berlumpur • Kawasan tapak menjadi licin • Kesukaran akses ke tapak binaan • Saluran perparitan tersumbat
Keselamatan Pekerja	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan risiko kemalangan • Terdedah kepada banjir kilat • Laluan keselamatan kurang selamat • Pekerja tidak digalakkan bekerja
Kesihatan & Produktiviti Kerja	<ul style="list-style-type: none"> • Terdedah kepada penyakit seperti Denggi • Kekurangan tenaga buruh • Pekerja kurang bersemangat • Produktiviti pekerja berkurangan
Kos Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Memperbaiki kerosakan akibat hujan • Kos pengangkutan bertambah • Bahan binaan yang rosak • Jentera binaan rosak • Kenaikan harga barang (sentiasa berubah)
Bahan Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Pembelian bahan binaan yang sesuai dengan cuaca • Pembelian bahan binaan akan bertambah • Bahan binaan yang terdedah menjadi rosak • Bekalan bahan binaan sukar diperolehi
Jentera Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak boleh beroperasi untuk sementara • Terdedah kepada banjir • Boleh merosakkan jentera • Gaji pemandu lebih mahal • Kos menyewa lebih mahal
Penjadualan Projek	<ul style="list-style-type: none"> • Berubah dari semasa ke semasa • Penjadualan semula • Aktiviti binaan tergendala

Menurut I-1, I-3 dan I-6, hujan yang berterusan dapat membawa kepada air yang bertakung di tapak binaan disebabkan sistem saliran air sedia ada tidak dapat menampung jumlah air.

“Disebabkan hujan kerap turun, memang penting untuk laluan air sentiasa diselenggara supaya dapat mengelakkan tapak projek dinaiki air terutama semasa hujan lebat” (I-6).

Kenyataan ini disokong oleh Schuldt et al. (2021) yang menyatakan bahawa hujan boleh membanjiri tapak sekiranya sistem perparitan tidak betul. Beliau juga menyatakan kepentingan kemudahan saliran air kekal atau sementara yang harus disediakan sebagai persiapan banjir.

Manakala I-2, I-3, dan I-5 pula menyatakan bahawa hujan lebat menyebabkan kawasan tapak binaan menjadi berlumpur dan licin, sehingga menyukarkan proses pembersihan tapak binaan dan melambatkan proses penyiapan kerja-kerja binaan. Selain itu, hujan juga menyebabkan kesukaran dari segi akses ke tapak binaan dan juga kawasan tempat simpanan bahan binaan disebabkan oleh laluan yang dinaiki air hujan (R5).

Kenyataan ini juga disokong oleh kajian Schuldt et al. (2021) yang juga menyatakan bahawa hujan boleh menyebabkan tapak binaan berlumpur sehingga menyebabkan operasi kerja terhenti sepenuhnya dan tapak bina tidak dapat diakses apabila banjir berlaku.

Dari segi keselamatan pekerja, semua responden menyatakan kebimbangan berkenaan risiko kemalangan yang boleh berlaku sewaktu hujan, terutama apabila banjir kilat berlaku. Menurut I-4 dan I-5, kawasan yang terdedah dengan banjir membahayakan keselamatan pekerja terutama apabila terdedah kepada kuasa elektrik. Semua informan juga menegaskan bahawa protokol keselamatan akan sentiasa diberitahu dan para pekerja tidak dibenarkan untuk bekerja sewaktu hujan lebat untuk mengelakkan kecelakaan daripada berlaku.

Dari segi kesihatan dan produktiviti pekerja, air hujan yang bertakung dan tidak dipantau akan menjadi kawasan habitat nyamuk denggi dan dapat mengakibatkan wabak denggi yang merebak dalam kalangan pekerja (I-1). Air yang tercemar juga dapat menyebarkan penyakit kepada para pekerja sekiranya tidak dipantau terutama apabila saliran air tersumbat dan air lambat surut (I-1 & I-3). Selain itu, kekurangan tenaga pekerja yang tidak dibenarkan bekerja sehingga hujan reda menyebabkan produktiviti kerja berkurangan dan pekerja yang ada tidak bersemangat dan tidak selesa untuk melakukan kerja-kerja pembinaan, menurut I-5 dan I-6.

“Pekerja yang terdedah kepada penyakit seperti Denggi dan lain-lain akan menyebabkan kekurangan tenaga buruh dan dapat memperlambatkan proses pembinaan dari tempoh masa yang diberikan” (R1).

Dari segi kos binaan, semua responden menyatakan hujan menyebabkan pertambahan kos yang ketara dalam penyiapan projek. Hujan juga menyebabkan

bahan dan jentera binaan menjadi rosak dan memerlukan penggantian atau pembaikan semula (I-1, I-2, I-3, I-5). Menurut I-3 dan I-5, kos pengangkutan untuk mengangkut jentera dan bahan binaan juga akan bertambah. Manakala, I-2 juga menyatakan harga barang yang sentiasa berubah dari semasa ke semasa akan menyebabkan kos semasa projek bertambah. Kesemua hal ini akan menyumbang kepada pertambahan kos yang banyak dan menyebabkan projek mengalami sedikit kerugian dan juga membawa kepada kelambatan penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina.

“Kos binaan akan turut terkesan dan terjejas terutama pada kos bahan binaan akibat cuaca yang buruk” (I-3).

“Harga barang biasanya akan naik sekiranya kawasan pengeluaran kuari ditutup sewaktu hujan lebat” (I-6).

Hasil dapatan ini sokong oleh penyataan Ballesteros-Pérez *et al.* (2016) yang melaporkan cuaca ekstrem yang boleh menyebabkan gangguan kerja, pembaziran sumber binaan, kelewatan projek yang ketara yang akhirnya membawa kepada kerugian dari segi kewangan.

Untuk bahan binaan, semua responden bersetuju bahawa bahan binaan terutama yang terdedah kepada hujan akan menjadi rosak serta menyebabkan kesukaran dalam membeli dan membekalkan bahan binaan ke tapak projek. Pembelian bahan binaan juga akan bertambah untuk menggantikan semula bahan binaan yang telah rosak akibat air hujan (I-1 dan I-2).

“Bahan binaan yang dibeli perlu lebih berkualiti dan bersesuaian dengan cuaca supaya lebih tahan lama dan tidak menyebabkan kerugian” (I-1).

“Kebiasaannya bahan binaan seperti konkrit dan mortar akan terkesan dan menjadi rosak disebabkan oleh penangguhan kerja dan menjejaskan penjadualan kerja harian” (I-3).

Untuk jentera binaan, semua responden menegaskan bahawa jentera binaan tidak dibenarkan beroperasi semasa waktu hujan lebat dan terdedah kepada banjir. Hal ini perlu bagi mengelakkan kerosakan terhadap jentera binaan sekiranya terdedah kepada hujan secara berterusan dan ditengalami air. Manakala, I-2-pula menyatakan bahawa kos menyewa jentera adalah lebih mahal sewaktu hujan dan kos untuk mengupah pemandu untuk menghantar jentera ke tapak binaan juga menjadi lebih tinggi.

“Kren menara tidak dapat digunakan untuk kerja-kerja konkrit sewaktu hujan sedang turun” (I-3).

Untuk penjadualan projek, semua informan menyatakan bahawa faktor hujan boleh menyebabkan penjadualan semula dan mengakibatkan jadual kerja berubah dari masa ke masa sekiranya hujan lebat. Semua informan juga bersetuju bahawa hujan boleh menyebabkan aktiviti binaan tergendala dan mengakibatkan kelewatan projek terutama hujan yang lebat sehingga mengakibatkan banjir berlaku. Hasil kajian ini adalah sama dengan kenyataan Ballesteros-Pérez *et al.* (2017) yang juga menyatakan bahawa cuaca yang tidak baik memberi kesan kepada projek binaan dari sudut pelaksanaan kerja dan mengganggu penjadualan projek.

(b) *Kesan pengaruh cuaca (Angin kencang)*

Jadual 5 menunjukkan kesan-kesan yang terjadi akibat pengaruh angin kencang terhadap penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina.

Jadual 5

Kesan pengaruh cuaca angin kencang

Elemen	Kesan-Kesan
Tapak Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Kawasan tapak berjerebu, berhabuk • Pergerakan keluar masuk tapak terhad
Keselamatan Pekerja	<ul style="list-style-type: none"> • Terjatuh dari tempat tinggi • Terdedah kepada udara yang tercemar • Mesin jentera mudah rosak • Pekerja tidak digalakkan meneruskan kerja
Kesihatan & Produktiviti Kerja	<ul style="list-style-type: none"> • Kesihatan terjejas • Tenaga kerja berkurangan • Kemajuan kerja menjadi lambat
Kos Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Menukar komponen lama yang rosak
Bahan Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Sukar untuk dibawa atau dipindahkan

Semua informan menyatakan bahawa angin kencang adalah paling kurang berlaku dan gangguan serta kesan terhadap penyiapan projek binaan adalah minimum. Walaupun minimum, angin kencang tetap dapat memberikan kesan kepada penyiapan kerja sekiranya berlaku.

“Keselamatan pekerja tetap dititikberatkan dan pekerja tidak digalakkan untuk meneruskan kerja sekiranya keadaan tidak berapa mengizinkan. Ini menyebabkan kemajuan pekerja menjadi lambat disebabkan oleh pekerja yang tidak dibenarkan untuk meneruskan kerja pembinaan selagi angin kencang belum reda” (I-1).

Hasil kajian ini disokong dengan penulisan oleh Schuldt *et al.* (2021) yang menyatakan tentang para pekerja yang tidak dibenarkan melakukan kerja pembinaan seperti pembinaan perancah semasa angin kencang untuk mengelakkan risiko kemalangan.

I-1 juga menyatakan bahawa para pekerja boleh terdedah kepada udara yang tercemar akibat kawasan tapak yang debu dan pasir yang berterbangan di udara. Kren menara pula tidak dapat beroperasi untuk projek bangunan tinggi (I-1). Kenyataan ini dilihat sejajar dengan penulisan Schuldt et al. (2021) yang juga menyatakan tentang jentera binaan seperti kren yang tidak dibenarkan beroperasi semasa angin kencang atas faktor keselamatan.

Selain itu, I-1 juga menambah bahawa pergerakan keluar masuk tapak akan menjadi terhad disebabkan oleh jerebu dan juga dapat mengganggu kesihatan pekerja terutama dari segi pernafasan dan penglihatan. I-2 juga menyatakan bahawa angin kencang boleh menyebabkan pertambahan kos terutama apabila komponen binaan rosak. I-1 dan I-3 pula menyatakan kesukaran pergerakan keluar masuk bahan binaan di dalam kawasan pembinaan disebabkan oleh angin yang kencang terutama ketika ingin membawa bahan binaan tersebut ke tempat yang tinggi. Walau bagaimanapun, I-4, I-5, dan I-6 menyatakan bahawa angin kencang tidak memberikan kesan yang ketara kepada projek mereka kerana sangat jarang berlaku.

“Setakat ini belum ada laporan berkenaan angin kencang yang mengganggu pembinaan jadi bagi saya angin kencang ini bukanlah cuaca yang betul-betul dapat mengganggu penyiapan kerja-kerja binaan. Tambahan, ia sangat kurang berlaku” (R4).

(c) Kesan pengaruh cuaca (Ribut Petir)

Merujuk kepada Jadual 6 adalah antara kesan-kesan yang terjadi akibat ribut petir terhadap penyiapan kerja-kerja pembinaan. Menurut I-4, walaupun ribut petir jarang berlaku, namun masih tetap memberikan kesan kepada projek binaan. Menurut I-1, ribut petir yang kuat dapat memberikan impak kepada struktur dan dapat merosakkan rangka binaan yang belum siap sepenuhnya terutama di bangunan tinggi. Selain itu, boleh menyebabkan sampah sarap berselerak dan mengganggu tapak binaan kerana kerja-kerja pembersihan terpaksa dilakukan supaya aktiviti pembinaan dapat dijalankan dengan baik.

Jadual 6
Kesan pengaruh cuaca ribut petir

Elemen	Kesan-Kesan
Tapak Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Kerosakan struktur/rangka binaan • Sampah bertaburan.
Keselamatan Pekerja	<ul style="list-style-type: none"> • Risiko kemalangan di tempat tinggi • Terdedah kepada petir
Kesihatan & Produktiviti Kerja	<ul style="list-style-type: none"> • Kemalangan jiwa sekiranya terkena petir
Kos Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Penambahan kos sekiranya terdapat komponen yang perlu dibaiki
Bahan Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Penggantian komponen yang jatuh akibat ribut • Membaiki alatan yang tidak berfungsi akibat panahan petir.
Jentera Binaan	<ul style="list-style-type: none"> • Jentera dihentikan operasi

I-1, I-3, dan I-6 juga menyatakan bahawa risiko untuk terlibat dengan kemalangan adalah sangat tinggi terutama dalam projek bangunan tinggi jika tidak berhati-hati sewaktu kerja pembinaan dijalankan. Panahan petir juga boleh menyebabkan kemalangan jiwa kepada pekerja binaan (I-1 & I-2).

“Atas faktor keselamatan, para pekerja tidak dibenarkan menyambung kerja sewaktu ribut petir berlaku bagi mengelak kemalangan buruk berlaku” (I-1).

I-1, I-2, I-3, I-5 dan I-6 menyatakan bahawa kos pembinaan boleh bertambah sekiranya terdapat komponen atau bahan binaan yang rosak akibat oleh petir ataupun akibat jatuh yang memerlukan kerja-kerja pembaikan atau penggantian semula. Selain itu, semua responden menyatakan bahawa jentera binaan tidak dibenarkan beroperasi terutama jentera di luar bangunan yang terdedah secara langsung dengan ribut petir.

“Tujuan jentera operasi tidak dibenarkan beroperasi adalah atas faktor keselamatan dan penjagaan jentera binaan tersebut” (R1).

4.5 Tindakan yang boleh diambil bagi mengurangkan risiko pengaruh cuaca dalam penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina

(a) *Tindakan dari segi penjadualan projek untuk mengurangkan risiko pengaruh cuaca*
Informan biasanya meneliti status iklim tahunan di Malaysia dan membuat ramalan berdasarkan data-data cuaca yang diperoleh pada tahun-tahun yang lepas. Data-data ini akan dijadikan asas/ ukuran dalam menentukan hari-hari atau tindakan tambahan

yang boleh diperuntukkan dalam penjadualan kerja sebelum kerja-kerja pembinaan dimulakan. Kerja-kerja luaran yang mungkin boleh tergendala sekiranya cuaca hujan tidak akan dilakukan semasa musim hujan untuk mengelakkan risiko pelaksanaan kerja tersebut terganggu dan tergendala dalam musim hujan (I-1). Anggaran kos dan tambahan bajet juga diambil kira semasa penjadualan projek dengan mengambil kira jangkaan kos kecemasan yang boleh digunakan sekiranya perkara di luar jangkaan berlaku yang melibatkan pengaruh cuaca.

“Tambahan masa yang munasabah haruslah diambil kira semasa merangka penjadualan projek mengambil kira faktor hujan, angin kencang dan ribut petir, namun hujan lebih diberi perhatian disebabkan taburan hujan yang banyak sepanjang tahun terutama pada hujung tahun” (I-5).

Kenyataan ini disokong oleh Ballesteros-Pérez *et al.* (2015) yang menyatakan kepentingan masa tambahan untuk cuaca yang tidak mengizinkan dalam merangka jadual kerja, dalam menentukan masa yang lebih baik dalam memulakan kerja di tapak serta mengurangkan kesan buruk akibat daripada gangguan cuaca.

“Kawalan dan pemantauan yang berterusan harus dilakukan supaya pengurus projek dapat menentukan dan mengintegrasikan skop projek, objektif, aktiviti utama, masa penghantaran, pihak berkepentingan dan aspek lain yang penting ke dalam penrancangan penjadualan projek” (I-1).

Manakala, untuk angin kencang dan ribut petir, responden menekankan bahawa cuaca ini tidak memberi kesan yang ketara ke atas penyiapan projek, dan kebiasaanya telah diambil kira dalam penjadualan projek secara minima.

(b) *Tindakan dalam mengurangkan risiko pengaruh cuaca terhadap bahan dan jentera binaan*

Untuk menangani kesan yang mungkin timbul disebabkan oleh pengaruh cuaca hujan, penting bagi syarikat untuk menyediakan tempat simpanan khas dan selamat untuk jentera dan bahan binaan supaya bahan-bahan binaan dan jentera dapat disimpan dengan selamat dan tidak terdedah secara langsung dengan cuaca.

“Ruang simpanan bahan binaan dan jentera binaan haruslah berbumbung dan berkanvas, serta harus mempunyai sistem aliran air yang baik dan elakkan menggunakan jentera semasa keadaan tidak berada dalam keadaan yang mengizinkan, terutama semasa hujan lebat beserta kilat petir” (R6).

Hasil dapatan ini dilihat dapat menyokong penulisan oleh Schuldt *et al.* (2021) yang menyebut bahawa bahan yang terdedah kepada unsur iklim atau cuaca harus ditutup dengan terpal plastik ataupun bertutup untuk mengelakkan bahan binaan dan tapak binaan terjejas oleh faktor-faktor cuaca seperti hujan.

Selain itu, suis untuk jentera haruslah dimatikan terutama semasa hujan turun untuk mengelakkan risiko renjatan elektrik berlaku di kawasan binaan. Pemeriksaan berkala juga dilakukan untuk memastikan bahan-bahan binaan dan jentera binaan sentiasa dalam keadaan yang kering dan elok. Tiada langkah-langkah yang khusus untuk mengelakkan pengaruh cuaca angin kencang kerana tidak begitu memberi kesan yang ketara terhadap bahan binaan dan jentera binaan melainkan komponen binaan atau rangka binaan di tempat tinggi.

(c) Tindakan dalam mengurangkan pengaruh cuaca terhadap keselamatan dan produktiviti pekerja

Dari aspek keselamatan, para Informan hanya menekankan penggunaan komponen yang disyorkan dan juga penggunaan PPE yang bersesuaian terutama semasa musim hujan.

“Sekiranya perlu, kerja-kerja pembinaan boleh dilakukan dalam bangunan supaya tidak terdedah dengan pengaruh cuaca terutama hujan dan ribut petir” (I-2).

Dengan ini produktiviti pekerja tidak terkesan dengan banyak kerana kerja-kerja pembinaan masih dapat dilakukan di kawasan tertutup atau di dalam bangunan. Untuk mengelak kemalangan jiwa, apa-apa peralatan yang bersambung dengan sumber elektrik adalah lebih baik dimatikan terlebih dahulu semasa gangguan cuaca berlaku.

“Para pekerja dinasihati untuk sentiasa peka dengan keadaan sekeliling dan sentiasa mematuhi peraturan yang telah majikan tetapkan terutama dari segi keselamatan” (I-1).

(d) Tindakan dalam mengurangkan pengaruh cuaca terhadap kos binaan

Para informan menyatakan bahawa kemahiran dan pengetahuan berkenaan dengan trend cuaca semasa adalah penting dalam membuat perancangan dan pengurusan aktiviti kerja. Ini supaya anggaran kos dan penyediaan bajet projek dapat disediakan lebih awal mengambil kira segala faktor cuaca-cuaca setempat. Rancangan awal dapat mengurangkan risiko pertambahan kos yang boleh timbul disebabkan oleh gangguan cuaca ini kerana kesemua faktor tersebut telah diambil kira semasa proses merangka penjadualan projek berlaku. Sekiranya gangguan luar jangka berlaku, kos pembaikan atau penggantian tidak akan bertambah atau melebihi bajet kerana telah dianggarkan terlebih dahulu di dalam rangka kerja projek.

5. Kesimpulan

Kajian ini telah berjaya mengenalpasti faktor cuaca sangat mempengaruhi penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina. Melalui analisis kajian, didapati hujan merupakan fenomena cuaca paling mempengaruhi proses penyiapan kerja-kerja

pembinaan di tapak bina. Manakala, keadaan angin kencang pula dikenal pasti sebagai fenomena cuaca yang paling kurang mempengaruhi penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina.

Hujan sangat mempengaruhi projek pembinaan terutama sewaktu musim hujan di akhir tahun. Hujan yang berterusan pada musim hujan sering mengakibatkan banjir kilat sehingga mengganggu proses penyiapan kerja-kerja pembinaan. Hujan lebat yang berlaku terutama yang mengambil masa yang lama akan menyebabkan kerja-kerja pembinaan projek tergendala sehinggalah hujan berhenti dan air hujan yang bertakung surut hingga ke tahap yang selamat. Ditambah dengan pembersihan tapak menyebabkan kerja-kerja pembinaan dan proses penyiapan projek menjadi lebih lambat. Selain itu, kos pembinaan juga akan bertambah terutama apabila melibatkan kos pembersihan tapak, pengangkutan, bahan binaan dan jentera binaan. Keselamatan pekerja dan produktiviti pekerja juga menerima kesan akibat pengaruh cuaca ini di mana cuaca ini dapat membahayakan keselamatan pekerja sehingga kerja terpaksa diberhentikan sebagai langkah keselamatan, yang akhirnya membawa kepada pengurangan daripada segi produktiviti pekerja. Hujan adalah sangat mempengaruhi penjadualan kerja. Manakala ribut petir dan angin kencang dilihat kurang memberi pengaruh kepada penyiapan kerja-kerja pembinaan. Walau bagaimanapun, syarikat pembinaan tetap dan perlu mengambil langkah keselamatan sekiranya kedua-dua cuaca tersebut berlaku. Manakala untuk tindakan, pengetahuan am berkenaan trend cuaca semasa yang perlu diberi pertimbangan dalam merangka penjadualan projek, penyimpanan bahan binaan dan jentera binaan yang baik dan peraturan keselamatan yang harus dipatuhi dilihat sebagai tindakan terbaik dalam mengurangkan risiko pengaruh cuaca dalam penyiapan kerja-kerja pembinaan di tapak bina.

Rujukan

- Alshebani, M. N. & Wedawatta, G. (2014). "Making the construction industry resilient to extreme weather: lessons from construction in hot weather conditions." *Procedia Economics and Finance*, 18, 635-642.
- Ballesteros-Pérez, P., del Campo-Hitschfeld, M. L., González-Naranjo, M. A., & González-Cruz, M. C. (2015). Climate and construction delays: case study in Chile. *Engineering, construction and architectural management*, 22(6), 596-621.
- Ballesteros-Perez, P., Kabiri, S., Smith, S. T., & Hughes, W. (2016). Dealing with weather-related claims in construction contracts: A new approach. https://www.academia.edu/34599044/Dealing_with_weather_related_claims_in_construction_contracts_a_new_approach. Tarikh akses 31 Oktober 2023.
- Ballesteros-Pérez, P., Rojas-Céspedes, Y. A., Hughes, W., Kabiri, S., Pellicer, E., Mora-Melià, D., & del Campo-Hitschfeld, M. L. (2017). Weather-wise: A weather-aware planning tool for improving construction productivity and dealing with claims. *Automation in construction*, 84, 81-95.

- Daemei, A. B., Khotbehsara, E. M., Nobarani, E. M., & Bahrami, P. (2019). Study on wind aerodynamic and flow characteristics of triangular-shaped tall buildings and CFD simulation in order to assess drag coefficient. *Ain Shams Engineering Journal*, 10(3), 541-548.
- Department of Statistics Malaysia (DOSM). (2023). <https://open.dosm.gov.my/ms-MY/gdp>. (Tarikh akses 11 Ogos 2023).
- Dytczak, M., Ginda, G., Szklennik, N., & Wojtkiewicz, T. (2013). Weather influence-aware robust construction project structure. *Procedia engineering*, 57, 244-253.
- Evseev, V., Barkhi, R., Pleshivtsev, A., & Scrynnik, A. (2019). Modeling the influence of weather and climatic conditions on the safety characteristics of the construction process. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 97, p. 03035). EDP Sciences.
- Galanaki, E., Lagouvardos, K., Kotroni, V., Flaounas, E., & Argiriou, A. (2018). Thunderstorm climatology in the Mediterranean using cloud-to-ground lightning observations. *Atmospheric Research*, 207, 136-144.
- Halpin, D. (2005). *Construction Management* (3rd Ed.) Wiley, New York.
- Hassan, N. S. B. A. (2018). The Impact of Weather Condition to Construction Project in Malaysia. <http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/27596/>. Faculty of Civil Engineering and Earth Resources, Universiti Malaysia Pahang. Tarikh akses 11 Oktober 2023.
- Jung, M., Park, M., Lee, H. S., & Kim, H. (2016). Weather-delay simulation model based on vertical weather profile for high-rise building construction. *Journal of construction engineering and management*, 142(6), 04016007.
- Larsson, R., & Rudberg, M. (2019). Impact of weather conditions on in situ concrete wall operations using a simulation-based approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(7).
- Larsson, R., & Rudberg, M. (2021). Effects of weather conditions on concrete work task productivity—a questionnaire survey. *Construction Innovation*. <https://www.emerald.com/insight/1471-4175.htm>.
- Prayoga, T. W. F. (2019). *Optimalisasi Pengamatan Cuaca dan Penentuan Prakiraan Cuaca Dalam Dunia Pelayaran di Wilayah Kerja BMKG Tanjung Emas Semarang*. <https://www.semanticscholar.org/author/Fajar-Prayoga/2133059223>. Tarikh akses 31 Oktober 2023.
- Ramli, M. Z., Nordin, A., Roslin, N. T., Hamid, N. B., Azman, N. S., & Zahari, N. M. (2019, July). Causes of construction delay for housing projects in Malaysia. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2129, No. 1, p. 020030). AIP Publishing LLC.
- Schuldt, S. J., Nicholson, M. R., Adams, Y. A., & Delorit, J. D. (2021). Weather-related construction delays in a changing climate: a systematic state-of-the-art review. *Sustainability*, 13(5), 2861.
- Senouci, A., & Mubarak, S. (2014). Time-profit trade-off of construction projects under extreme weather conditions. *Journal of Construction Engineering and Project Management*, 4(4), 33-40.