



RMTB

Homepage: <http://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rmtb>
e-ISSN : 2773-5044

Penggunaan Teknologi Permodelan Maklumat Bangunan (BIM) Dalam Fasa Pembinaan Bagi Menambahbaik Proses Pembinaan Di Malaysia

Khairul Ikhmal Khairudin¹, Mohd Yamani Yahya^{1*}

¹Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi & Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, 86400, MALAYSIA

*Corresponding Author Designation

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2022.03.01.043>

Received 31 March 2022; Accepted 30 April 2022; Available online 25 June 2022

Abstract: Building Information Modeling (BIM) is a software that may be utilised throughout the lifecycle of a construction project, including the construction phase. The BIM technology is being utilised on the construction site to analyse the clashes, schedule the work, manage the logistics, and conduct site inspections to improve the current performance of the construction process. The employment of conventional methods on the construction site has caused the construction process to be delayed and ineffective. This is due to a lack of knowledge about the component that will be constructed on the construction site. In this regard, this study was carried out to investigate in greater depth the amount of BIM usage in Malaysia. The scope of this study is limited to construction players in Johor who have been involved in projects that have included BIM. Respondents' information was gathered using quantitative approaches, specifically through the dissemination of questionnaire surveys. According to the results, most respondents who provided feedback agreed with the statement of the question that was presented. This demonstrates that they are aware that the usage of BIM is not limited to the design phase but can also be employed throughout the building phase.

Keywords: BIM, Construction Project, Construction Phase, Malaysia

Abstrak: Teknologi Permodelan Bangunan Bermaklumat (BIM) merupakan sebuah perisian yang boleh digunakan di seluruh peringkat pembinaan termasuk pada fasa pembinaan. Teknologi BIM yang digunakan di tapak bina berupaya untuk membantu kerja-kerja mengesan persilangan, penjadualan, pengurusan logistik dan penyiasatan di tapak bina agar dapat menambahbaik proses pembinaan yang sedia ada. Penggunaan kaedah konvensional semasa menjalankan kerja-kerja pembinaan di tapak bina telah menjadikan proses pembinaan lambat dan kurang berkesan. Hal ini kerana, penggunaan kaedah 2D ini tidak memiliki maklumat yang spesifik tentang sesuatu komponen yang akan dibina di tapak bina. Sehubungan dengan itu, kajian ini telah dilakukan bagi mengkaji lebih mendalam berkenaan tahap penggunaan BIM di Malaysia. Skop kajian ini memfokuskan kepada penggiat-penggiat industri pembinaan di sekitar negeri Johor yang pernah terlibat dengan projek yang

menggunakan BIM. Kaedah kuantitatif menerusi edaran borang soal selidik telah digunakan bagi memperoleh data daripada responden yang dituju. Berdasarkan pada hasil kajian, majoriti responden yang memberi maklumbalas adalah bersetuju dengan pernyataan soalan yang diberikan. Ini menunjukkan bahawa mereka sedar bahawa penggunaan BIM bukan sahaja boleh digunakan di fasa reka bentuk tetapi ianya juga boleh digunakan pada fasa pembinaan.

Kata kunci: BIM, Projek Pembinaan, Fasa Pembinaan, Malaysia

1. Pengenalan

Industri pembinaan merupakan salah satu industri yang menjadi penyumbang terbesar kepada pembangunan negara. Industri pembinaan di Malaysia telah bermula sejak sekian lama bermula daripada penggunaan kaedah konvensional (lukisan 2-dimensi) kepada kaedah yang berteraskan kepada konsep moden sejajar dengan perkembangan teknologi pada masa kini. Memandangkan industri pembinaan merupakan salah satu industri yang sangat kompleks dengan pelbagai maklumat, dokumen dan lukisan, penggunaan teknologi adalah satu keperluan dalam menentukan kepada keberkesanan pelaksanaan sesuatu projek. Sehubungan dengan itu, penggunaan teknologi BIM dalam pembinaan sangat dititikberatkan dalam mana-mana organisasi pembinaan supaya objektif utamanya dapat dicapai. Walaupun industri pembinaan sudah lama wujud di negara kita, tetapi masih ada lagi beberapa masalah yang berlaku berikutan penggunaan teknologi BIM di fasa pembinaan. Penggunaan kaedah konvensional semasa di fasa pembinaan telah menyebabkan proses pembinaan menjadi kurang berkesan dan lambat yang ini akan mendorong kepada isu kelewatan. Dalam masa yang sama juga, anggapan negatif bahawa BIM hanya digunakan di fasa reka bentuk juga menyebabkan penggunaan BIM kurang semasa di tapak bina. Hal ini kerana, mereka menganggap bahawa teknologi baru ini sebagai satu halangan dan bebanan untuk mereka melakukan kerja-kerja di fasa pembinaan (Zahrizan *et al.*, 2013).

Tambahan pula, kekurangan tahap pengetahuan dan pengalaman dalam penggunaan teknologi BIM juga akan menyukarkan mereka untuk mengaplikasikan konsep BIM semasa di fasa pembinaan. Dalam hal ini, penggiat-penggiat industri pembinaan seharusnya sedar bahawa penggunaan teknologi harus diaplikasikan di dalam bidang pembinaan demi untuk meningkatkan dan menambahbaik proses pembinaan yang sedia ada pada masa kini. Teknologi Permodelan Bangunan Bermaklumat (BIM) merupakan satu kaedah dimana ianya berperanan dalam menambahbaik projek pembinaan secara digital bermula dari fasa perancangan sehingga projek siap dibina. Berdasarkan pada daripada Jabatan Perangkaan Malaysia, sektor pembinaan di Malaysia telah menyumbang kira-kira RM 14278 juta pada suku keempat tahun 2020 kepada Produk Domestik Kasar Malaysia (GDP). Dalam masa yang sama juga, sektor pembinaan di Malaysia juga dijangka akan meningkat sebanyak 0.4% dalam tempoh separuh pertama 2019 dan dijangka akan berkembang sebanyak 1.7% bagi keseluruhan tahun.

Industri pembinaan merupakan salah satu industri yang paling mencabar di Malaysia. Penggunaan teknologi BIM di Malaysia dilihat kurang memberangsangkan kerana kebanyakan penggiat industri pembinaan pada masih kini masih ada lagi yang menggunakan kaedah konvensional di mana kaedah ini dilihat kurang berkesan pada masa kini (Zahrizan *et al.*, 2013). Menerusi penggunaan kaedah 2D dalam pelaksanaan sesuatu projek akan menyebabkan berlakunya masalah komunikasi yang boleh mendorong kepada lukisan tidak dikemaskini, kualiti kerja rendah, kos yang berlebihan dan juga berlaku isu kelewatan. Tambahan pula, anggapan negatif bahawa penggunaan BIM menjadi penghalang kepada proses pembinaan yang berlangsung kerana ianya melibatkan perubahan dari pelbagai aspek. Dalam hal ini juga, penggiat-penggiat industri pembinaan menganggap bahawa BIM hanya digunakan oleh organisasi besar dan golongan yang profesional menjadikan mereka kurang yakin untuk menggunakan BIM. Walaubagaimanapun, kekurangan tahap pengetahuan dan pengalaman berkenaan dengan penggunaan teknologi BIM juga menjadi penghalang kepada pengaplikasian BIM pada masa kini kerana kebanyakan penggiat-penggiat industry pada masa kini tidak tahu cara untuk mememulakan dan menggunakan BIM dengan betul (Zahrizan *et al.*, 2013). Oleh itu, dalam kajian ini, terdapat 3 objektif yang ingin dicapai iaitu untuk mengkaji kegunaan teknologi BIM dalam fasa pembinaan di Malaysia, mengenalpasti cabaran penggunaan teknologi BIM dalam fasa

pembinaan di Malaysia dan mengenalpasti langkah-langkah meningkatkan tahap pengetahuan penggiat-penggiat industri pembinaan dalam menambahbaik proses pembinaan di Malaysia.

Skop kajian ini memfokuskan kepada penggiat-penggiat industri pembinaan yang terlibat dengan projek yang menggunakan teknologi BIM di sekitar negeri Johor. Responden yang terlibat dalam kajian ini adalah seperti jurutera, arkitek, pengurus projek, juruukur bahan, penyelar BIM, pemodel BIM dan pakar BIM yang bekerja dengan syarikat kontraktor G7.

Kajian ini dilaksanakan untuk menambahbaik tahap penggunaan teknologi BIM dalam bidang pembinaan di Malaysia. Ini adalah untuk memastikan bahawa perkembangan sektor pembinaan di Malaysia akan terus memacu ke arah Industri Revolusi 4.0 (IR 4.0) serta selari dengan peredaran zaman. Jika BIM dimanfaatkan dengan baik, ianya mampu memberi impak yang positif dari segi masa, kualiti dan pulangan dalam sesebuah organisasi. Dalam kajian ini juga diharapkan agar dapat membuka mata dan minda penggiat-penggiat industri pembinaan akan kepentingan penggunaan teknologi BIM dalam projek pembinaan pada masa kini.

2. Kajian Literatur

2.1 *Building Information Modeling (BIM)*

Menurut CIDB (2013), Building Information Modeling (BIM) merupakan sebuah perisian yang dipasang pada komputer yang digunakan untuk mereka bentuk model secara maya sebelum ianya dibina secara nyata. RICS (2017) berpendapat bahawa BIM merupakan satu pendekatan dalam membentuk kolaborasi antara pihak-pihak yang terlibat bermula dari peringkat reka bentuk sehingga ke pengurusan fasiliti. Menurut Zainon *et al.* (2016), BIM merupakan sebuah teknologi permodelan secara digital yang berkebolehan untuk membentuk, berinteraksi dan mengolah maklumat yang terhasil untuk tujuan pembinaan. Amin dan Abanda (2019) berpendapat bahawa BIM melibatkan pengurusan maklumat yang kompleks sepanjang kerja-kerja pembinaan dilakukan. Mohd Noor *et al.* (2018) mengatakan BIM adalah sebuah teknologi inovasi yang mengubah kaedah konvensional kepada kaedah moden bagi mencapai output yang tinggi. Secara ringkasnya, BIM dapat dirumuskan sebagai sebuah model digital yang dijadikan sebagai satu platform untuk mencetuskan idea reka bentuk binaan di peringkat awal sehingga projek itu siap dibina.

2.2 Penggunaan BIM di Malaysia

Penggunaan teknologi BIM di Malaysia banyak digunakan semasa fasa reka bentuk tetapi ianya dilihat agak kurang digunakan semasa fasa pembinaan (Memon *et al.*, 2021). Keadaan ini menyebabkan penggunaan teknologi BIM di Malaysia masih berada pada tahap yang rendah kerana ianya belum digunakan secara menyeluruh semasa di fasa pembinaan (Othman *et al.*, 2021). Masalah yang berkaitan dengan kos adalah antara masalah yang paling dominan dalam penggunaan teknologi BIM (Jamal *et al.*, 2019). Diikuti juga oleh masalah kurangnya tahap pengetahuan yang mencukupi berkenaan cara menggunakan teknologi BIM (Yan & Kah., 2018), penggunaan kaedah konvensional (Othman *et al.*, 2021), kurang latihan dan pendidikan (Wong & Gray, 2019), dan juga sikap tidak mahu berubah (Yaakob *et al.*, 2018) telah membawa masalah kepada kurang penggunaan BIM di Malaysia. Penggunaan teknologi BIM di Malaysia mula berkembang apabila pengarah Jabatan Kerja Raya (JKR) mula mencadangkan agar teknologi BIM mula diperkenalkan ke dalam industri pembinaan pada tahun 2007 dengan matlamat ianya akan dapat meningkatkan amalan penggiat-penggiat industri pembinaan semasa kerja-kerja pembinaan berlangsung (Kasim *et al.*, 2017). Dalam hal ini juga, Malaysia telah menyusun rancangan strategi untuk menjadikan pelaksanaan teknologi BIM lebih berkesan menerusi Program Transformasi Industri Pembinaan (CITP) 2016-2020 (CIDB, 2019). Menerusi program ini, BIM akan bertindak sebagai platform yang akan menggalakkan kolaborasi antara pihak-pihak berkepentingan bermula dari peringkat perancangan, reka bentuk dan pembinaan dengan menggunakan model 3D (Lorek, 2018).

Penggunaan teknologi BIM dilihat mencapai objektif menerusi pembinaan projek pertama di Malaysia iaitu pembinaan bangunan Institut Kanser Negara (IKN) pada tahun 2010 (Haron *et al.*, 2012). Dalam masa yang sama juga, pembinaan projek Kompleks Pentadbiran Suruhanjaya Pencegah Rasuah (SPRM) juga merupakan salah satu kejayaan dalam menggunakan konsep BIM (Latiffi *et al.*, 2013). Teknologi BIM jika dimanfaatkan dengan betul mampu memberi faedah dari segi masa, kualiti dan pulangan dalam jangka masa yang panjang. Walaubagaimanapun, tahap penggunaan teknologi BIM di Malaysia masih berada di tahap yang rendah yang disebabkan oleh masalah kos, masalah budaya, tahap pengetahuan yang rendah, kekurangan garis panduan yang jelas dan kekurangan latihan. Kajian ini juga diharapkan agar dapat memberi galakan kepada penggiat-penggiat industri pembinaan untuk menggunakan BIM dalam pelaksanaan sesuatu projek dengan lebih berkesan dan efisien.

2.3 Kegunaan BIM semasa fasa pembinaan

BIM boleh diaplikasikan semasa fasa pembinaan. Antaranya adalah seperti berikut:

(a) *Perancangan dan Penjadualan*

BIM berupaya untuk menggabungkan kaedah visualisasi carta gantt dengan jadual visualisasi secara 4D (Wang & Chien, 2014). Dengan ini, BIM akan bertindak secara automatik dalam menyelaraskan jadual kerja dan skop pembahagian kerja di tapak bina serta mampu meramal jangka masa sesuatu projek pembinaan (Kim *et al.*, 2013). Tambahan pula, aktiviti-aktiviti yang telah diselaraskan ini boleh dikongsi kepada pihak-pihak berkepentingan semasa di fasa pembinaan (Jamal *et al.*, 2019). Dengan ini, pihak-pihak berkepentingan dalam pembinaan dapat menjadikan ianya sebagai rujukan dan garis panduan agar kerja-kerja yang dilakukan sentiasa berada pada perancangan yang betul (Barati *et al.*, 2013).

(b) *Menganalisis Persilangan*

BIM boleh digunakan sebagai alat untuk mencari kesilapan pada reka bentuk model bagi mengurangkan sebarang kesilapan dan kerja-kerja semula. Persilangan biasanya berlaku apabila dua elemen berada pada kedudukan yang sama sehingga menyebabkan berlakunya perubahan dari segi reka bentuk, geometri dan jadual kerja (Savitri *et al.*, 2020). Antara perisian yang boleh digunakan dalam mengesan persilangan semasa fasa pembinaan ialah seperti Naviswork, Tekla BIMsight dan Bentley Navigator.

(c) *Pengurusan Logistik*

BIM boleh digunakan dalam pengurusan tapak bina secara maya menerusi pemantauan terhadap gerak kerja pekerja, kuantiti bahan dan peralatan yang digunakan serta pengekalan hubungan yang rapat dengan pembekal (Li & Yang, 2017). Pengurusan logistik dan tapak bina secara 4D dapat memudahkan pengangkutan bahan mentah ke tapak bina menerusi rekaan pelan susun atur tapak. Dengan ini segala aset dan bahan mentah dapat diuruskan dengan lebih cekap dan berkesan.

(d) *Penyediaan Lukisan Kerja (shop drawing)*

Semasa berada di fasa pembinaan, pereka seperti arkitek boleh menggunakan teknologi BIM untuk melakukan kerja-kerja penyediaan, penyiapan dan penyemakan terhadap lukisan kerja pembinaan (BCA, 2013). Dengan BIM, pereka dapat menghasilkan lukisan kerja pembinaan dengan melakukan penggabungan terhadap lukisan seni bina, MEP dan struktur secara terus dari model pembinaan yang berbeza perisian bagi memudahkan kerja-kerja penyelarasan dan pendokumentasian (BCA, 2013).

(e) *Penetapan dan Pengesahan Tapak*

BIM berperanan dalam menentukan samada reka bentuk bangunan yang dibina selari seperti yang terpapar pada model BIM atau sebaliknya (Eastman *et al.*, 2011). Sebarang ketidakserasian dalam binaan bangunan boleh dirujuk semula dengan paparan model reka bentuk pada perisian BIM bagi melakukan sebarang perubahan atau penambahbaikan. Penetapan dan pengesahan ke atas tapak bina juga boleh

diintegrasikan dengan menggunakan teknologi automasi seperti teknologi pengimbasan lesar, global positioning system (GPS), pengenalan radio frekuensi (RFID), dan juga teknologi mesin panduan (Eastman *et al.*, 2011).

(f) *Pemasangan Siap (prefabrication)*

Dalam hal ini, BIM akan bertindak dalam memberi maklumat dan informasi yang penting terutamanya dari segi spesifikasi dan visual 3D komponen atau bahan yang ingin dilakukan proses pasang siap. Semasa fasa pembinaan, kontraktor dapat menggunakan BIM bagi menghasilkan semua butiran berkenaan dengan sesuatu komponen yang dikehendaki menerusi perisian yang menyokong alatan pasang siap. Butiran yang lengkap ini akan terus dihantar kepada pengilang bahan pasang siap bagi tujuan pemesanan.

(g) *Penyediaan Model Boleh Dibina (as-built)*

Jika berlaku sebarang perubahan pada model BIM boleh dibina, ianya perlu dikesan, dikenalpasti dan dikemaskini agar ianya selari dengan model reka bentuk yang dirancang (Lin *et al.*, 2016). Dalam hal ini, kontraktor boleh menggunakan model perunding dan mengemaskini segala maklumat dan butiran yang diperlukan bergantung pada tahap perubahan reka bentuk yang bermula dari peringkat awal pembinaan sehingga kerja-kerja pembinaan siap.

(h) *Penyiasatan di Tapak Bina*

BIM boleh digunakan oleh jurutera semasa berada di tapak bina menerusi kerja-kerja pemeriksaan dan penyiasatan (Eastman *et al.*, 2011). BIM berupaya dalam mengumpul segala data dan maklumat berkenaan dengan bahagian yang diperiksa yang kemudiannya akan dipaparkan terus pada peranti mudah alih. Hal ini kerana, perisian BIM mampu menyokong peranti mudah alih sebagai alat bantuan dalam mengesan sebarang kerosakan pada sesuatu bahagian. Dengan ini, jurutera boleh melakukan penyemakan dan pengenalpastian terhadap lokasi yang berlaku permasalahan menerusi model BIM berdasarkan pada data yang terkumpul (Tsai *et al.*, 2014).

(i) *Dokumentasi Pembinaan*

BIM boleh digunakan untuk menghasilkan dokumentasi pembinaan semasa ianya berada di fasa pembinaan. Hal ini demikian kerana, BIM adalah berdasarkan pada objek yang berorientasikan kepada pengaturcaraan di mana setiap elemen struktur dipasang untuk membentuk satu struktur bangunan yang lengkap dengan segala kemudahan. Setiap elemen struktur sememangnya sudah tersedia maklumat dan fungsinya yang tersendiri seperti elemen rasuk biasanya memiliki ciri ketahanan yang tinggi untuk menampung beban (Bhusar & Akhare, 2014).

2.4 Cabaran Penggunaan Teknologi BIM Dalam Fasa Pembinaan

Penggunaan teknologi BIM di Malaysia masih menghadapi cabaran dari segi kos, masalah budaya, kekurangan tahap pengetahuan, kekurangan garis panduan dan kekurangan latihan.

(a) *Masalah Kos*

Masalah yang berkaitan dengan kos adalah antara masalah yang paling dominan di Malaysia (Gardezi *et al.*, 2014). Masalah kos ini bukan sahaja meliputi aspek pembelian perisian, tetapi ianya melibatkan perubahan proses kerja secara menyeluruh di dalam sesebuah organisasi (Memon *et al.*, 2014). Ini kerana, penggunaan teknologi BIM memerlukan penggunaan melakukan penambahbaikan terhadap sistem sedia ada seperti penambahan sistem kapasiti memori yang lebih besar yang sudah pasti memakan kos yang besar (Zahrizan *et al.*, 2013). Keadaan ini telah menyebabkan bebanan terutamanya bagi organisasi-organisasi yang kecil kerana ianya memerlukan jumlah peruntukan yang besar bagi mengunapakai teknologi BIM.

(b) Masalah Budaya

Masalah berlaku apabila penggiat-penggiat industri pembinaan yang sedia ada enggan menerima sebarang perubahan dalam organisasi mereka sendiri. Kebanyakan daripada mereka lebih gemar dengan kaedah konvensional kerana mereka sudah terbiasa dengan kaedah tersebut (Memon *et al.*, 2014). Mereka juga menganggap bahawa penggunaan teknologi BIM ini memerlukan individu yang benar-benar mahir dalam mengendalikan teknologi BIM. Ini menjadikan mereka berasa kurang yakin untuk mengubah kepada kaedah baru dalam pelaksanaan sesuatu projek

(c) Kekurangan Tahap Pengetahuan

Sebilangan besar penggiat-penggiat industri pembinaan pada masa kini memiliki tahap pengetahuan yang rendah berkenaan dengan BIM. Ini kerana, mereka kurang memahami akan konsep BIM yang sebenar (Ahmed & Hoque, 2018). Penggiat-penggiat industri pembinaan juga tidak tahu cara bagaimana untuk memulakan penggunaan BIM kerana mereka tidak menerima garis panduan yang jelas berkenaan dengan cara perlaksanaannya (Zahrizan *et al.*, 2013). Tambahan pula, kekurangan pengetahuan asas berkenaan dengan BIM dalam kalangan pengurus atasan juga menjadikan penggunaannya kurang mendapat sambutan (Roy & Firdaus, 2020).

(d) Garis Panduan Yang Kurang Jelas

Ketiadaan garis panduan yang jelas dan lengkap akan menjadikan pengguna berasa keliru bagaimana untuk mengorak langkah awal dalam penggunaan teknologi BIM (Zahrizan *et al.*, 2013). Bukan itu sahaja, ketiadaan perjanjian umum berkaitan dengan penggunaan dan pelaksanaan BIM ini turut menjadi cabaran kepada penggiat-penggiat industri pembinaan di luar sana yang baru melibatkan diri dalam bidang BIM. Dalam masa yang sama juga, tindakan sesetengah firma yang telah menggunakan garis panduan mereka sendiri menyebabkan berlaku ketidakserasian terhadap model reka bentuk mereka (Teng *et al.*, 2018).

(e) Kurang Latihan

Kekurangan latihan dalam penggunaan BIM turut menjadi penghalang kepada penggunaan teknologi BIM. Dalam masa yang sama juga, latihan turut memerlukan pelatih yang benar-benar berkebolehan dalam bidang BIM. Dalam hal ini, kebanyakan firma pada masa kini kurang gemar menyediakan latihan kepada staf bawahan berkenaan dengan BIM kerana ianya memakan masa yang agak lama untuk menjadikan seseorang itu mahir dalam menggunakan BIM. Tambahan pula, latihan kepada staf berkenaan BIM dilihat akan mengurangkan produktiviti dalam bidang kerja (Tan *et al.*, 2019).

2.5 Langkah Meningkatkan Tahap Pengetahuan Dalam Penggunaan BIM

Dalam memastikan teknologi BIM digunakan secara efisien dalam bidang pembinaan, terdapat beberapa langkah yang boleh diambil.

(a) Program Latihan Yang Fleksibel

Menerusi program latihan yang diberikan, peserta akan diberi pendedahan yang lebih mendalam berkenaan dengan konsep, teori, kebaikan, cabaran dan peluang berkenaan dengan penggunaan teknologi BIM. Dalam hal ini, pihak industri yang mahir dalam menggunakan BIM perlu terlibat secara aktif dalam program-program yang berkaitan agar dapat berkongsi pengalaman dan pengetahuan berkaitan dengan penggunaan BIM yang betul disamping memberi latihan asas berkenaan dengan BIM (Lee *et al.*, 2019). Manakala, bagi syarikat yang memiliki kemahiran dalam BIM juga boleh menyediakan program latihan secara dalaman kepada staf mereka (Pena, 2011).

(b) Pengenalan BIM di Peringkat Institusi Tinggi

Teknologi BIM seharusnya diperkenalkan di peringkat institusi pengajian tinggi agar dapat menghasilkan graduan yang berkemahiran dalam penggunaan BIM pada masa akan datang (Sinoh *et al.*, 2020). Ini kerana, kebanyakan pihak industri pada masa kini cenderung mengambil pekerja yang memiliki kemahiran khusus dalam menggunakan perisian BIM seperti Revit, Naviswork, SketchUp, Lumion dan sebagainya. Institusi pengajian tinggi juga boleh menjalin kolaborasi dengan institusi terlibat seperti Jabatan Kerja Raya (JKR) dalam memastikan penggunaan teknologi BIM diberi pendedahan di peringkat pengajian tinggi.

(c) *Pengenalan Garis Panduan*

Penggunaan teknologi BIM memerlukan satu garis panduan yang jelas dan lengkap agar dapat memberi rujukan kepada pengguna terutamanya bagi pemula BIM. Sehubungan dengan itu, kerajaan perlukan merangka satu pelan garis panduan yang bersesuaian dengan situasi terkini industry pembinaan di Malaysia. Dalam masa yang sama juga, organisasi pembinaan juga seharusnya mewujudkan satu set amalan piawai secara dalam agar dapat memberi panduan kepada staf bawahan berkenaan dengan penggunaan teknologi BIM yang betul (Teng *et al.*, 2018).

(d) *Sokongan Kerajaan*

Kerajaan seharusnya mewajibkan penggunaan teknologi BIM bagi setiap projek samada projek besar atau projek kecil. Dalam masa yang sama juga, kerajaan perlulah menjalin hubungan kolaborasi yang rapat dengan pihak-pihak berkepentingan seperti klien, kontraktor dan badan-badan profesional yang lain termasuk swasta bagi mencapai matlamat utamanya (Smith, 2014).

3. Metodologi Kajian

Kajian ini adalah berbentuk kuantitatif bagi mengkaji penggunaan teknologi BIM semasa fasa pembinaan bagi menambahbaik proses pembinaan. Kaedah yang digunakan adalah menerusi edaran borang soal selidik kerana data dapat diperoleh daripada responden dengan mudah dan cepat disamping dapat menjimatkan masa untuk menganalisis data kepada bentuk yang lebih ringkas dan mudah difahami (Creswell, 2009). Kajian ini bermula dari peringkat mengenalpasti masalah dimana ianya melibatkan perbincangan antara pengkaji dengan penyelia bagi menjana sesuatu idea. Dalam masa yang sama, pemerhatian terhadap isu-isu terkini dalam industri pembinaan juga turut diambilkira. Selepas masalah telah dikenalpasti, pengkaji akan beralih kepada kajian literatur. Menerusi kajian literatur, sumber maklumat diperoleh daripada sumber-sumber seperti buku, jurnal, prosiding, tesis, dan laman web yang berkaitan dengan tajuk kajian ini. Seterusnya pengkaji akan mengumpulkan data kajian menerusi data primer. Menerusi data primer, pengkaji telah menggunakan kaedah borang soal selidik untuk memperoleh data kajian dengan menghantar kepada pengamal BIM di sekitar Johor. Data dianalisis dengan menggunakan kaedah statistik deskripsi. Pengkaji juga telah menggunakan perisian IBM SPSS versi 26 bagi menganalisis dan mentafsir data jenis kuantitatif yang diperoleh daripada kaedah borang soal selidik. Kaedah analisis skor min digunakan bagi mengetahui perspektif responden berkaitan dengan penggunaan teknologi BIM di Malaysia.

4. Hasil Dapatan dan Perbincangan

Hasil dapatan kajian ini adalah berdasarkan pada analisis data yang diperoleh daripada edaran soal selidik sebanyak 77 responden yang ditujukan kepada individu yang pernah terlibat dengan penggunaan BIM di sekitar negeri Johor.

4.1 Profil Responden

Jadual 1 menunjukkan bahawa responden lelaki adalah responden yang paling tinggi iaitu seramai 56 orang dengan mencatatkan peratusan sebanyak 72.7% daripada jumlah keseluruhan. Manakala, responden perempuan adalah seramai 21 orang dengan kadar peratusan sebanyak 27.3% daripada jumlah keseluruhan. Dari segi umur pula, responden yang berumur 20 hingga 29 tahun adalah jumlah yang paling tinggi iaitu seramai 40 orang yang bersamaan dengan 51.3%. Bagi responden yang berumur 30 hingga 39 tahun pula adalah kedua tertinggi iaitu 26 orang yang bersamaan dengan 33.3%. Manakala, responden yang berumur 50 tahun keatas adalah yang paling rendah iaitu seramai 2 orang yang bersamaan dengan 2.6%. Dari segi tahap pendidikan, responden yang memiliki kelayakan Ijazah Sarjana Muda adalah paling tinggi iaitu seramai 52 orang yang bersamaan 67.5% dan diikuti Ijazah Sarjana adalah kedua tertinggi iaitu 14 orang yang bersamaan 18.2%.

Jadual 1: Profil Responden

Perkara	Kekerapan	Peratusan (%)
<u>Jantina</u>		
Lelaki	56	72.7
Perempuan	21	27.3
Jumlah	77	100
<u>Umur</u>		
20 – 29 tahun	40	51.3
30 – 39 tahun	26	33.3
40 – 49 tahun	10	12.8
50 tahun ke atas	2	2.6
Jumlah	77	100
<u>Tahap Pendidikan</u>		
SPM	0	0
STPM	0	0
Diploma	9	11.7
Ijazah Sarjana Muda	52	67.5
Ijazah Sarjana	14	18.2
Doktor Falsafah	2	2.6
Jumlah	77	100
<u>Tempoh Masa Penglibatan Dalam BIM</u>		
Kurang dari 1 tahun	8	10.3
1 – 3 tahun	30	39
3 – 5 tahun	29	37.7
Lebih daripada 5 tahun	10	13
Jumlah	77	100
<u>Jawatan</u>		
Arkitek	13	16.9
Jurutera	23	30
Juruukur bahan	5	6.5
Pengurus Projek	1	1.3
Penyelaras BIM	5	6.5
Pemodel BIM	20	26
Pakar BIM	1	1.3
Pembantu Pengurus BIM	1	1.3
Pengurus BIM	2	2.6
Eksekutif Kanan BIM	2	2.6
Eksekutif BIM	4	5.2
Jumlah	77	100

Bagi kelayakan Diploma dan Doktor Falsafah masing-masing memperoleh 9 dan 2 orang yang bersamaan 11.7% dan 2.6% dan selebihnya adalah yang paling rendah. Bagi tempoh masa penglibatan antara 1 hingga 3 tahun adalah paling tinggi iaitu seramai 30 orang yang bersamaan 39% dan diikuti 3

hingga 5 tahun adalah kedua tertinggi iaitu seramai 29 orang yang bersamaan dengan 37.7%. Manakala bagi tempoh masa kurang dari 1 tahun adalah yang paling rendah iaitu seramai 8 orang yang bersamaan 10.3%. Kebanyakan responden yang berjawatan jurutera adalah yang paling ramai menggunakan BIM iaitu 23 orang bersamaan 30% dan diikuti pemodel BIM iaitu seramai 20 orang yang bersamaan 26%. Arkitek pula adalah jumlah responden ketiga tertinggi iaitu 13 orang bersamaan 16.9%. Bagi responden yang berjawatan pengurus projek, pakar BIM dan pembantu pengurus BIM adalah paling rendah iaitu seorang sahaja yang bersamaan 1.3%.

4.2 Kegunaan Teknologi BIM Semasa Fasa Pembinaan

Jadual 2 menunjukkan bahawa BIM berupaya untuk menggabungkan lukisan MEP dan struktur dengan lengkap memperoleh nilai skor min tertinggi iaitu 4.65. Hal ini kerana, BIM berkebolehan dalam menyatukan model reka bentuk yang terdiri daripada disiplin yang berbeza (Ciotta *et al.*, 2021). Seterusnya, BIM memberi panduan dan rujukan kepada pihak berkepentingan memperoleh nilai skor min kedua tertinggi iaitu 4.60.

Jadual 2: Kegunaan teknologi BIM semasa fasa pembinaan

No.	Soalan	Skor Min	Kedudukan
1	Menyelaras jadual kerja dan skop pembahagian kerja di tapak bina	4.00	16
2	Meramal jangka masa pelaksanaan projek pembinaan	4.15	14
3	Menyediakan paparan penjadualan dan perkembangan projek secara 3D	4.51	4
4	Mengurangkan sebarang kesilapan semasa kerja-kerja pembinaan berlangsung	4.47	5
5	Mengesan persilangan antara elemen reka bentuk, geometri dan jadual kerja	4.58	3
6	BIM digunakan sebagai pemantauan gerak kerja yang melibatkan pekerja, kuantiti bahan dan peralatan di tapak bina	3.88	17
7	Mengurus bahan mentah dan aset secara lebih efektif	4.03	15
8	Menjamin tahap keselamatan dan kesihatan pekerja di tapak bina	3.54	18
9	BIM berupaya membantu dalam kerja-kerja penyediaan, penyiapan dan penyemakan lukisan kerja	4.51	4
10	Memberi panduan dan rujukan kepada pihak-pihak berkepentingan	4.60	2
11	BIM berupaya untuk menggabungkan lukisan mekanikal, elektrik dan perpaipan (MEP) serta struktur dengan lengkap	4.65	1
12	BIM membantu dalam mengesahkan ukuran dan spesifikasi di tapak bina	4.28	11
13	BIM memastikan bangunan yang dibina adalah selari dengan paparan pada model BIM	4.40	7
14	BIM memberi butiran produk pasang siap dengan lengkap dan jelas kepada pengguna	4.26	12
15	BIM memastikan model yang direka pada perisian berupaya untuk dibangunkan dengan nyata	4.45	6
16	BIM memberi ruang kepada kontraktor untuk melakukan sebarang perubahan pada model reka bentuk bermula dari peringkat pra pembinaan sehingga projek siap	4.31	9
17	BIM digunakan untuk mengumpul segala maklumat yang diperlukan pada bahagian yang diperiksa	4.23	13
18	BIM berperanan dalam menentukan lokasi dan kedudukan di mana data-data yang dikumpul menerusi perisian BIM	4.35	8
19	BIM memastikan setiap elemen struktur yang dipasang berkeupayaan membentuk struktur bangunan yang lengkap	4.26	12
20	BIM menyediakan maklumat dan fungsi yang ada bagi setiap elemen yang sedia ada	4.29	10

Menurut Mohd (2015), penggunaan teknologi BIM yang betul dapat memberi panduan kepada penggiat-penggiat industri pembinaan terutamanya dari segi pengurusan, anggaran kos, penjadualan dan penyelarasan di tapak bina. Di samping itu, BIM digunakan dalam mengesan persilangan memperoleh nilai skor min ketiga tertinggi iaitu 4.58. Dalam hal ini, BIM boleh mengurangkan beban kerja berganda menerusi penyelarasan yang melibatkan perisian yang berbeza (Teng *et al.*, 2018). Walaubagaimanapun, menyelaraskan jadual kerja dan skop pembahagian tugas pula memperoleh skor min ketiga terendah iaitu 4.00. Hal kerana, BIM yang berasaskan 4D akan bertindak secara automatik dalam memasukkan sumber-sumber yang diperlukan dalam setiap tugas. Manakala, kegunaan BIM dalam memantau gerak kerja pekerja, kuantiti bahan dan peralatan memperoleh nilai skor min kedua terendah iaitu 3.88. Hal ini kerana, kemajuan di tapak bina boleh dipantau menerusi perkomputeran awam yang telah diintegrasikan dengan teknologi BIM (Volk *et al.*, 2014). Akhir sekali, menjamin tahap keselamatan dan kesihatan di tapak bina memperoleh nilai skor min yang paling rendah iaitu sebanyak 3.45.

4.2 Cabaran Penggunaan Teknologi BIM Dalam Fasa Pembinaan di Malaysia

Berdasarkan pada analisis dalam Jadual 3, harga perisian BIM yang tinggi di peringkat premium memperoleh nilai skor min paling tinggi iaitu 4.45. Hal ini kerana, harga bagi sebuah perisian BIM dianggarkan antara 55 USD (230.09 MYR) sehingga 4,665 USD (19, 516.03 MYR) mengikut harga langganan secara tahunan (Autodesk Inc, 2021). Selain itu, kos dalam menaiktaraf komputer peribadi serta kos pembelian dan pemasangan kad grafik, memori dan sistem pemantau yang lebih besar memperoleh nilai skor min kedua tertinggi iaitu 4.41. Hal ini kerana, untuk menggunakan teknologi BIM, adalah perlu untuk mengenalpasti alatan-alatan asas yang diperlukan dimana ianya memakan kos permulaan yang tinggi (Zahrizan *et al.*, 2013).

Jadual 3: Cabaran Penggunaan Teknologi BIM Dalam Fasa Pembinaan di Malaysia

No.	Soalan	Skor Min	Kedudukan
1	Harga perisian BIM yang tinggi di peringkat premium	4.45	1
2	Kos dalam menaiktaraf komputer peribadi bagi menyokong perisian BIM	4.41	2
3	Kos dalam pembelian dan pemasangan kad grafik, memori dan sistem pemantau yang lebih besar	4.41	2
4	Penggiat-penggiat industri enggan menerima sebarang perubahan dari luar	4.05	6
5	Penggiat-penggiat industri yang sedia ada lebih gemar dan selesa dengan kaedah konvensional	4.22	4
6	Anggapan bahawa penggunaan teknologi BIM memerlukan individu yang mahir	4.27	3
7	Kurang keyakinan untuk mengaplikasikan teknologi BIM dalam projek pembinaan	4.01	8
8	Penggiat industri pembinaan tidak tahu cara untuk mengaplikasikan BIM dalam projek pembinaan sebenar	4.01	8
9	Teknologi BIM sukar dipelajari	3.08	15
10	Kekurangan tahap pemahaman berkenaan dengan konsep BIM	4.00	9
11	Ketiadaan satu perjanjian umum atau rasmi berkenaan dengan pelaksanaan teknologi BIM	3.86	11
12	Kekurangan standard secara sejagat bagi akses perkongsian data dan maklumat antara pihak-pihak berkepentingan	3.91	10
13	Firma menggunakan garis panduan mereka sendiri dalam mereka bentuk model bangunan	4.17	5
14	Penggunaan teknologi BIM memerlukan pelatih yang betul-betul berpengalaman dalam mengendalikan perisian BIM	4.04	7
15	Memerlukan masa yang lama untuk melatih staf bawahan berkaitan dengan penggunaan teknologi BIM yang betul	3.55	12
16	Sukar untuk mengenalpasti pihak yang berkebolehan dalam bidang BIM	3.49	13
17	Produktiviti rendah kerana masa banyak dihabiskan dengan latihan penggunaan teknologi BIM	3.36	14

Anggapan bahawa penggunaan BIM memerlukan individu yang mahir memperoleh skor min ketiga terendah iaitu 4.27. Ini kerana, individu yang pakar sangat diperlukan kerana BIM merupakan sebuah perisian yang sangat kompleks (Memon *et al.*, 2014). Walaubagaimanapun, sukar mengenalpasti individu yang mahir dalam BIM merupakan skor min ketiga terendah iaitu 3.49. Kesukaran ini akan menjadikan mereka masih meneruskan kaedah lama dalam pelaksanaan sesuatu projek pembinaan (Nguyen & Nguyen, 2021). Produktiviti rendah pula memperoleh skor min kedua terendah iaitu 3.36. Keadaan ini disebabkan oleh masa yang ada banyak dihabiskan dengan latihan, bengkel dan seminar BIM (Ibrahim *et al.*, 2019). Akhir sekali, BIM sukar dipelajari merupakan nilai skor min paling rendah iaitu 3.08. Hal ini kerana, BIM bukanlah mudah untuk dikendalikan sekiranya seseorang itu tiada pengetahuan dan kemahiran yang mencukupi (Ibrahim *et al.*, 2019).

4.3 Langkah-Langkah Meningkatkan Tahap Pengetahuan Penggiat-Penggiat Industri Pembinaan Dalam Menambahbaik Proses Pembinaan Di Malaysia

Berdasarkan pada analisis Jadual 4 yang dilakukan, memperkenalkan silibus yang berkaitan dengan BIM di peringkat institusi tinggi memperoleh skor min paling tinggi iaitu 4.64. Ini kerana, Pendidikan berasaskan BIM boleh meningkatkan daya kebolehpasaran pelajar apabila mereka menceburi industr pembinaan (Liu *et al.*, 2015). Selain itu, kolaborasi antara JKR dengan institut pengajian tinggi memperoleh skor min kedua tertinggi iaitu 4.63. Hal ini kerana, kolaborasi yang terjalin antara dua hala ini bertujuan untuk menjayakan pelaksanaan BIM dengan lebih teliti pada masa akan datang (UTM, 2021).

Jadual 4: Langkah-langkah meningkatkan tahap pengetahuan penggiat-penggiat industri pembinaan dalam menambahbaik proses pembinaan di Malaysia

No.	Soalan	Skor Min	Kedudukan
1	Beri pendedahan yang mendalam berkaitan dengan konsep, teori, kebaikan, cabaran dan peluang dalam memanfaatkan teknologi BIM dalam bidang pembinaan	4.38	9
2	Pihak industri yang mahir dalam BIM perlu menyediakan kemahiran asas dalam latihan praktikal	4.49	6
3	Menyediakan latihan dalaman kepada staf bagi organisasi yang besar	4.56	4
4	Memperkenalkan silibus yang berkaitan dengan penggunaan teknologi BIM	4.64	1
5	Kolaborasi antara pihak JKR dengan Institusi Pengajian Tinggi (IPT)	4.63	2
6	Menyediakan kemudahan dan fasiliti perkomputeran yang lengkap	4.62	3
7	Mewujudkan satu set garis panduan yang bersesuaian dengan keadaan industri pembinaan di Malaysia	4.47	7
8	Membentuk satu set amalan piawai secara dalaman	4.50	5
9	Mewujudkan satu pelan pelaksanaan BIM Nasional secara universal	4.44	8
10	Mewajibkan penggunaan teknologi BIM bagi semua projek pembinaan	4.24	10
11	Mewujudkan kolaborasi antara penggiat-penggiat industri pembinaan dan badan-badan profesional yang lain termasuk pihak swasta	4.49	6

Langkah dalam menyediakan kemudahan dan fasiliti perkomputeran yang lengkap pula memperoleh skor min ketiga tertinggi iaitu 4.62. Kemudahan yang ada ini akan menggalakkan lebih ramai lagi individu untuk menceburi bidang BIM. Walaubagaimanapun, mewujudkan satu pelan pelaksanaan BIM nasional secara universal memperoleh skor min ketiga terendah iaitu 4.44. Dalam hal ini, pembentukan pelan pelaksanaan BIM yang bersifat kebangsaan wajar dilakukan bagi memastikan penggunaan teknologi BIM yang lebih meluas dalam kalangan penggiat industri pembinaan di Malaysia. Seterusnya, beri pendedahan yang mendalam berkenaan dengan konsep, teori, kebaikan, cabaran dan peluang dalam memanfaatkan teknologi BIM memperoleh nilai skor min kedua terendah iaitu 4.38. Misalnya, MyBim centre merupakan pusat sehenti yang berupaya menyediakan latihan khusus yang melibatkan konsep

dan teori secara lebih mendalam berkenaan dengan BIM kepada penggiat-penggiat industri pembinaan di luar sana. Akhir sekali, mewajibkan penggunaan BIM bagi setiap projek pembinaan memperoleh nilai skor min paling rendah iaitu 4.24. Dalam hal ini kerajaan perlu memastikan bahawa konsep BIM digunakan dalam pelaksanaan projek pembinaan samada projek kerajaan atau swasta (Rogers *et al.*, 2015).

5. Kesimpulan

Secara keseluruhannya, kedua-dua objektif kajian yang dibuat oleh pengkaji telah tercapai. Kedua-dua objektif ini telah tercapai menerusi edaran borang soal selidik bagi memperoleh data daripada responden. Menerusi objektif pertama, pengkaji menyimpulkan bahawa majoriti responden faham dan tahu akan kegunaan teknologi BIM semasa fasa pembinaan. Ini dapat dibuktikan menerusi pemerolehan keputusan kajian berikutan nilai skor min yang agak tinggi. Seterusnya, menerusi objektif kedua pula, cabaran penggunaan teknologi BIM dilihat telah tercapai kerana pengkaji berupaya untuk mengetahui cabaran yang sering dihadapi oleh responden semasa menggunakan teknologi BIM. Manakala, objektif ketiga pula berkenaan dengan langkah-langkah meningkatkan tahap pengetahuan penggiat-penggiat industri pembinaan dalam menambahbaik proses pembinaan di Malaysia juga telah tercapai kerana pengkaji dapat mengetahui langkah yang paling efektif untuk meningkatkan tahap pengetahuan bagi menambahbaik proses pembinaan di Malaysia.

Penghargaan

Pengkaji ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia dengan sokongan yang diberikan.

Rujukan

- Autodesk Inc. (2021). 2021 Annual Report and Form 10K. <https://www.annualreports.com/Company/autodesk-inc>
- Ahmed, S., & Hoque, M. (2018). Barriers to Implement Building Information Modeling (BIM) to Construction Industry: A Review. *Journal of System and Management Sciences*, 8(1), 45-60.
- Amin, K. F., & Abanda, F. H. (2019). Building Information Modelling Plan of Work for Managing Construction Projects in Egypt. *Journal of Construction in Developing Countries*, 24(2), 23-61.
- Barati, R., Charehzehi, A., & Preece, C. N. (2013). Enhancing Planning and Scheduling Program by Using Benefits of BIM-Based Applications. *International Institute for Science, Technology and Education*, 3(5), 41-48.
- BCA. (2013). *Singapore BIM Guide Version. 2*. Singapore: Building and Construction Authority.
- Bhusar, A., & Akhare, A. (2014). Application of BIM in structural engineering. *SSRG International Journal of Civil Engineering*, 1(5), 11-17.
- CIDB. (2013). Workshop of BIM Portal and Collaboration Platform for Affordable BIM, 9th-11th January 2013, Holiday Inn Glenmarie, Shah Alam, Selangor. Kuala Lumpur: CIDB Internal Reports
- CIDB. (2019). Memacu Transformasi Industri Pembinaan: Laporan Tahunan. <https://www.cidb.gov.my/sites/default/files/2021-02/CIDB%20Annual%20Report%202019.pdf>
- Cresswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approches*. London: Sage Publications.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Gardezi, S., Shafiq, N., & Khamidi, M. (2013). Prospect of Building Information Modelling (BIM) in Malaysian Construction Industry as Conflict Resolution Tool. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 3(11), 346-350.
- Haron, N. A., R. Soh, R. Z., & Harun, A. N. (2017). Implementation of Building Information Modelling (BIM) in Malaysia: A Review. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 25(3), 661-674.

- Ibrahim, H. S., Hashim, N., & Ahmad Jamal, K. (2019). The Potential Benefits of Building Information Modelling (BIM) in Construction Industry. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 385, pp. 1-10. IOP Publishing Ltd.
- Jamal, K. A., Mohammad, M. F., & Hashim, N. (2019). Building Information Modelling (BIM) For Sustainable Industry: The Malaysia Architect's Perspective. *Energising Green Building*, 12(1), 61-72.
- Kasim, N., Abidin, N. Z., Zainal, R., Sarpin, N., Abd Rahman, M. I., & Saikah, M. (2017). Best practices of Building Information Modelling (BIM) implementation in design phase for construction project. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 271, pp. 1-8. Johor Bahru: IOP Publishing Ltd. doi:10.1088/1757-899X/271/1/012038
- Kim, J., Anderson, K., & Hildreth, J. (2013). Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM (building information modelling) technology. *Automation in Construction*, 285-295.
- Latiffi, A. A., Kasim, N., Mohamad, S., & Fathi, M. S. (2013). Building Information Modelling (BIM) application in the Malaysian construction industry. *International Journal of Construction Engineering and Management*, 2(4A), 1-6.
- Lee, S., Lee, J., & Ahn, Y. (2019). Sustainable BIM-Based Construction Engineering Education Curriculum for Practice-Oriented Training. *Sustainable*, 11(21), 1-16.
- Li, J., & Yang, H. (2017). A Research on Development of Construction Industrialization Based on BIM Technology under the Background of Industry 4.0. *MATEC Web of Conferences* (pp. 1-8). EDP Sciences.
- Lin, Y. C., Lee, H. Y., & Yang, I.-T. (2016). Developing As-Built BIM Model Process Management System For General Contractors: A Case Study. *Journal Of Civil Engineering and Management*, 22(5).
- Liu, S., Xie, B., Tivendal, L., & Liu, C. (2015). Critical Barriers to BIM Implementation in the AEC Industry. *International Journal of Marketing Studies*, 7(6), 162-171.
- Lorek, S. (2021, February 1). Trimble. Retrieved May 1, 2021, from Constructible : <https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-bim-building-information-modeling>
- Memon, A. H., Rahman, I. A., Memon, I., & Azman, N. I. (2014). BIM in Malaysian construction industry: status, advantages, barriers and strategies to enhance the implementation level. *Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, 8(5), 606-614. doi:10.19026/rjaset.8.1012
- Mohd, S. (2015). Building Information Modelling (BIM) Implementation Model. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia: Master Thesis.
- Mohd Noor, S., Junaidi, S., & Ramly, M. (2018). Adoption of Building Information Modelling (BIM): Factors contribution and benefits. *International Conference on Global Business and Social Sciences*, (pp. 239-255). The Everly Putrajaya Malaysia.
- Nguyen, T.-Q., & Nguyen, D.-P. (2021). Barriers in BIM Adoption and the Legal Considerations in Vietnam. *International Journal of Sustainable Construction Engineering And Technology*, 12(1), 283-295.
- Othman, I., Al-Ashmori, Y. Y., Rahmawati, Y., Amran, Y. M., & Al-Bared, M. M. (2021). The level of Building Information Modelling (BIM) implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 455-463.
- Rogers, J., Chong, H. Y., & Preece, C. (2015). Adoption of Building Information Modelling technology (BIM). *Engineering, Construction and Architectural Management*, 424-445.
- Roy, A. V., & Firdaus, A. (2020). Building Information Modelling in Indonesia: Knowledge, Implementation and Barriers. *Journal of Construction in Developing Countries*, 25(2), 199-217.
- RICS. (2017). *BIM for Project Managers*. <https://www.rics.org/en-in/news-insight/research/insights/bim-for-project-managers/>
- Savitri, D., Juliastut, & Pramudya, A. (2020). Clash detection analysis with BIM-based software on midrise building construction project. *The 3rd International Conference on Eco Engineering Development* (pp. 1-10). IOP Publishing.
- Sinoh, S. S., Ibrahim, Z., & Othman, F. (2020). Review of BIM literature and government initiatives to promote BIM in Malaysia. *1st Borneo Building Information Modelling Symposium*, 943, pp. 1-12. Miri, Sarawak: IOP Publishing Ltd.
- Smith, P. (2014). BIM Implementation- global strategies. *Creative Construction Conference 2014*, 85, pp. 482-492. Australia: Elsevier Ltd.
- Tan, T., Chen, K., Xue, F., & Lu, W. (2019). Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach. *Journal of Cleaner Production*, 219, 949-959.

- Teng, N. C., Mohd Tobi, S., & Fathi, M. (2018). Current BIM practices in Malaysian construction organisations: The stakeholder's perspective. *Malaysian Construction Research Journal*, 3(1), 97-113.
- Tsai, Y.-H., Hsieh, S.-H., & Kang, S.-C. (2014). A BIM-enabled Approach for Construction Inspection. *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*. Taipei.
- Wang, C. C., & Chien, O. (2014). The Use of BIM in Project Planning and Scheduling in the Australian Construction Industry. *International Conference on Construction and Real Estate Management*, (pp. 126-133). Kunming, China.
- Yaakob, M., James, J., Mohd Nawawi, M., & Radzuan, K. (2018). A study on benefits and barriers of implementing Building Information Modelling (BIM) in Malaysian Construction Industry. *Proceeding of the International Conference o Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 2942-2848). Paris, France: IEOM Society International.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings— Literature review and future needs. *Automation in construction*, 38, 109-127.
- Zahrizan, Z., Nasly, Ali, M., Haron, A. T., Ponting, A. M., & Hamid, Z. (2013). Exploring the Barriers and Driving Factors in Implementing Building Information Modelling (BIM) in the Malaysian Construction Industry: A Preliminary Study. *The Institution of Engineers*, 75(1), 1-10.
- Pena, G. (2011). Evaluation of training needs for Building Information Modeling (BIM). University of Texas Arlington. *Masters Theses*.
- Zainon, N., Mohd-Rahim, F., & Salleh, H. (2016). The Rise Of BIM in Malaysia And Its Impact Towards Quantity Surveying Practices. *MATEC Web of Conferences* (pp. 1-8). EDP Sciences.