

Pelaksanaan Sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) bagi Mengurangkan Kos dalam Pengurusan Fasiliti

Anissa Imanina Mohd Fadzil¹ & Mohd Yamani Yahya^{1,*}

¹Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Batu Pahat, 84600, MALAYSIA

*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2021.02.01.067>

Received 01 March 2021; Accepted 30 April 2021; Available online 01 June 2021

Abstract: Facility Management (FM) spans multiple disciplines to ensure the functioning of the built environment by integrating people, places, processes, and technology. Yet there are some problems that arise in FM especially in terms of costs incurred losses because of operating and maintenance costs. The cost of operation and maintenance has 4-5 times greater than the cost of construction. Therefore, implementing the Building Information Modeling (BIM) system is said to increase the efficiency of Facility Management and be able to solve the cost problem. However, the use of BIM in FM is still not widely used. Thus, the objective of this study is to examine the importance of implementing BIM system to reduce the cost of Facility Management (FM). In addition, this study was also conducted to identify the challenges of BIM implementation in Facilities Management to reduce its management costs. The study adapted the qualitative method by interviewing three (3) representatives of FM companies in Selangor involved in using BIM-FM. All interview data were analyzed using Content Analysis method. Findings show that the use of BIM can help reduce costs in FM management through 3D model visualization and model data and information developed. Moreover, the main challenges of BIM implementation in FM are its management cost is high technology cost, data used is large, lack of knowledge about the importance of BIM in FM, management change, and high tool cost. It is hoped that this study can identify the real importance of BIM in reducing the cost of FM and can identify the challenges that need to be overcome by the facility management to use BIM to reduce its management costs.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Cost, Implementation, Facility Management

Abstrak: Pengurusan Fasiliti (FM) merangkumi pelbagai disiplin untuk memastikan fungsi persekitaran terbina dengan mengintegrasikan manusia, tempat, proses, dan teknologi. Namun terdapat beberapa masalah yang timbul dalam FM terutamanya dari segi kos yang mengalami kerugian disebabkan oleh kos pengoperasian dan penyelenggaraan. Kos bagi operasi dan selenggara mempunyai

*Corresponding author: yamani@uthm.edu.my

jumlah 4-5 kali lebih besar daripada kos pembinaan. Oleh itu, pelaksanaan sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) dikatakan dapat meningkatkan kecekapan Pengurusan Fasiliti serta mampu menyelesaikan masalah kos tersebut. Walau bagaimanapun, penggunaan BIM dalam FM masih tidak digunakan secara meluas. Justeru, objektif kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk mengkaji kepentingan pelaksanaan sistem BIM bagi mengurangkan kos Pengurusan Fasiliti (FM). Selain itu, kajian ini juga dilakukan bagi mengenalpasti cabaran-cabaran pelaksanaan BIM dalam Pengurusan Fasiliti bagi mengurangkan kos pengurusannya. Kajian mendadaptasi kaedah kualitatif dengan menemubual tiga (3) wakil syarikat FM di Selangor yang terlibat dengan penggunaan BIM-FM. Semua data temubual dianalisis menggunakan kaedah Analisa Kandungan. Dapatan kajian menunjukkan penggunaan BIM dapat membantu mengurangkan kos dalam pengurusan FM melalui visualisasi model secara 3D dan data serta maklumat model yang dibangunkan. Selain itu, cabaran utama pelaksanaan BIM dalam FM ialah kos pengurusannya adalah kos teknologi yang tinggi, data yang digunakan adalah besar, kekurangan pengetahuan tentang kepentingan BIM dalam FM, perubahan pengurusan, dan kos alatan yang tinggi. Diharapkan kajian ini dapat mengenalpasti kepentingan BIM yang sebenar dalam mengurangkan kos FM serta dapat mengenalpasti cabaran-cabaran yang perlu di atasi oleh pihak pengurusan fasiliti bagi dapat menggunakan BIM untuk mengurangkan kos pengurusannya.

Katakunci: Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM), Kos, Pelaksanaan, Pengurusan Fasiliti

1. Pengenalan

Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) adalah suatu set interaksi antara polisi, proses dan teknologi untuk menghasilkan suatu kaedah untuk mengurus kepentingan reka bentuk bangunan dan data projek dalam format digital atau maya melalui kitaran hidup sesebuah bangunan (Penttila, 2006). Hardin (2011) menyatakan bahawa BIM adalah bukan sahaja suatu penggunaan model-model 3D yang bijak, tetapi ia juga dapat membuatkan perubahan yang ketara dalam aliran kerja dan proses penyampaian projek. Manakala, NBIMS (2010) menyatakan bahawa BIM adalah suatu alat bagi perwakilan digital yang merangkumi ciri-ciri dan fungsi sebuah fasiliti. Dalam erti kata lain, BIM merupakan suatu proses melukis dan mereka bentuk, pembinaan sesebuah bangunan dengan menggunakan pendekatan teknologi, dan ia melibatkan suatu prosedur dalam Seni Bina, Kejuruteraan, dan Pembinaan (SKP).

BIM adalah suatu proses menghasilkan dan mengurus data bangunan semasa kitaran hidup pembinaannya (Lee et al., 2006). BIM merangkumi semua sifat dan kualiti komponen bangunan, dan dapat digunakan untuk menggambarkan keseluruhan kitaran hidup projek yang merangkumi pembinaan dan Pengurusan Fasiliti. Dengan kesan yang didokumentasikan dalam reka bentuk dan pembinaan, pihak projek pembinaan mencari kaedah untuk menggunakan kelebihan BIM bagi memperbaiki fasa pengurusan dan operasi kitaran hayat sesebuah fasiliti (Jordani, 2010). Walau bagaimanapun, sumber paling penting dalam Pengurusan Fasiliti yang betul adalah data atau maklumat sesuatu projek. Tanpa data terbina yang tepat, pengurus fasiliti tidak akan dapat berfungsi dengan berkesan. Konsep BIM bukan lagi suatu perkara yang asing dalam industri pembinaan. BIM adalah perwakilan bangunan sebagai integrasi pangkalan data yang dikoordinasi, konsisten secara dalaman, dan maklumat yang boleh diambil kira dalam reka bentuk serta pembinaan. Pangkalan data yang diintegrasikan ini boleh mengandungi sebilangan besar maklumat projek, seperti jumlah bahan, tarikh pemasangan, tanggungjawab sub-kontraktor, jenis bahan yang digunakan dalam fasiliti, kos, penjadualan dan sebagainya. Ini bermaksud bahawa model BIM berpotensi besar dalam mempermudah proses pengumpulan dan penyimpanan data suatu projek kerana ia boleh digunakan sebagai sumber tunggal untuk semua data projek. Oleh itu, perkara ini dapat membantu

mengawal kos Pengurusan Fasilitas (GSA, 2011). Terdapat beberapa kajian yang menyokong penggunaan BIM dalam Pengurusan Fasilitas, dan ini semua telah mempengaruhi perkembangan daripada rangka kerja membuat keputusan ke arah penerapan BIM (Cervosek, 2011).

1.1 Latar Belakang Kajian

Penggunaan BIM masih lagi tidak meluas digunakan dalam industri pembinaan dan projek kejuruteraan sivil dalam Malaysia. Walau bagaimanapun, beberapa klien seperti pemaju sudah pun mula menggunakan BIM dalam rekaan bentuk bangunan mereka, terutamanya ketika perbincangan bersama perunding (Ibina, 2012). Namun, *The Association of Consulting Engineers Malaysia* (ACEM), menyatakan penggunaan BIM selalunya diimajinasikan sebagai sesuatu perkara yang mudah, semudah membeli satu perisian dan disebabkan persepsi inilah, BIM tidak digunakan secara berkesan. Beliau juga menambah bahawa kontraktor tempatan bermula dari kelas paling kecil (Kelas F) sehinggalah kepada kontraktor projek sederhana besar (Kelas B) masih belum lagi bersedia untuk mengaplikasikan BIM di negara ini kerana penggunaan IT di kalangan mereka masih rendah, di samping format untuk standard BIM yang masih tidak diperjelaskan dengan sepenuhnya (Ibina, 2012).

Walaupun bagaimanapun, ACEM mengatakan bahawa BIM mampu untuk menyelesaikan permasalahan kerja serta membantu perancangan projek pembinaan. Antara permasalahan yang boleh ditangani ialah BIM mampu untuk membantu perancangan projek pembinaan serta boleh mengelakkan pembaziran kerja yang tidak produktif antara pekerja semasa di tapak pembinaan. Sebagai contoh, analisis yang bertindanan sering berlaku di sektor minyak dan gas. Selain itu, BIM juga memastikan kuantiti bahan disukat dengan tepat, jangkaan pengaliran wang tunai projek menjadi lebih teliti, bil kuantiti dapat diberikan dengan tepat kepada pembekal bahan selain memastikan jadual kerja pembinaan menjadi lebih tersusun (Ibina, 2012).

Pengadaptasian BIM dalam sesebuah bangunan membawa kepada kerja-kerja Pengurusan Fasilitas lebih berjaya dan cemerlang (CRC Construction Innovation, 2007). Pengurusan Fasilitas boleh diterjemahkan dalam banyak perkara, daripada pengurusan aset dan kewangan sehinggalah kepada fasilitas operasi dan penyelenggaraan, malahan ke arah pengurusan dan perancangan langkah *fast track* (Sabol, 2008). Dengan menggunakan perisian BIM, kaedah Pengurusan Fasilitas yang mudah dapat dijana di dalam satu rangkaian pangkalan data secara berpusat. Dalam rangkaian pangkalan data ini, maklumat atau informasi yang tidak diperlukan akan dibuang dan data-data 3D geometrik bangunan akan dihubungkan melalui fungsi Pengurusan Fasilitas dan kegunaannya dalam menyokong operasi sesebuah bangunan (Sabol, 2008).

1.2 Penyataan Masalah

Prestasi kos adalah salah satu kunci prinsip yang mencerminkan seluruh pencapaian projek pembinaan (Gido dan Clements, 2012). Perkara yang paling biasa berlaku adalah kos pengoperasian dan penyelenggaraan di dalam FM menjadi lebih tinggi bagi pelaksanaan projek sebenar daripada apa yang dirancang. Bukti terbaharu menyatakan bahawa lebih daripada setengah kos pengoperasian dan penyelenggaraan dalam FM bagi sebuah projek bangunan melebihi kedua-dua kos pembinaan dan sasaran masa (Ali *et al.*, 2018).

Lebih buruk lagi, ketidakmampuan menguruskan FM pada tahap pengoperasian bangunan boleh menyebabkan jumlah perbelanjaan berlebihan dimana perbelanjaan ini mengatasi bajet pengoperasian yang telah ditetapkan oleh kerajaan (Myeda dan Pitt, 2014). Ketidakefektifan Pengurusan Fasilitas adalah disebabkan semasa fasa pengoperasian dan penyelenggaraan, pasukan FM menghabiskan banyak masa dan usaha mengumpulkan maklumat dalam bentuk data elektronik dan dokumen cetak keras. Pekerja terlibat dengan aktiviti berlebihan yang berterusan dalam mencari, menyusun dan mengesahkan serta mencipta semula maklumat. Kerugian akibat daripada masalah *interoperability* yang disebabkan oleh perbelanjaan kemasukan balik data secara manual, verifikasi data, data

berlebihan dan pembaziran masa pekerja dalam mencari data yang sentiasa tiada. Mengurangkan kesan masalah *interoperability* memerlukan kelancaran pertukaran data elektronik untuk menyediakan pasukan FM dengan pangkalan data yang menyeluruh dan tepat (Brodt, 2013).

Rundell (2016) mencadangkan supaya pemilik dan pengurus fasiliti boleh mengurangkan bahagian kos FM mereka dengan menggunakan maklumat bangunan berkualiti tinggi dalam proses reka bentuk oleh BIM semasa fasa penyelenggaraan dan pengoperasian yang mengambil masa lebih lama dan kos yang mahal dalam kitaran hidup sesebuah bangunan. Hasil satu tinjauan menunjukkan bahawa penggunaan BIM dalam FM tidak tersebar luas dan pengurus fasiliti tidak bergantung pada apa yang mereka dengar tentang BIM. Oleh sebab itu, bagi membantu penggunaan BIM, ia memerlukan bukti dalam kebenaran kelebihanannya, penggunaan, dan cabarannya dikenal pasti dalam kajian literatur (Ghosh *et al.*, 2015).

1.3 Persoalan Kajian

- i. Apakah kepentingan pelaksanaan sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) dalam mengurangkan kos Pengurusan Fasiliti?
- ii. Bagaimanakah langkah-langkah penggunaan BIM dilaksanakan untuk mengurangkan kos Pengurusan Fasiliti?

1.4 Objektif Kajian

- i. Mengkaji kepentingan pelaksanaan sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) bagi mengurangkan kos Pengurusan Fasiliti.
- ii. Mengenalpasti cabaran-cabaran pelaksanaan sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) dalam Pengurusan Fasiliti bagi mengurangkan kos pengurusanannya.

1.5 Kepentingan Kajian

Manfaat dari hasil kajian dan dapatan menyumbang kepada kefahaman yang lebih baik tentang kebaikan aplikasi sistem pemodelan maklumat bangunan (BIM) dalam Pengurusan Fasiliti bagi mengurangkan kos.

1.6 Skop Kajian

- i. Kajian hanya meliputi bagaimana pelaksanaan sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) dapat mengurangkan kos dalam Pengurusan Fasiliti di Malaysia sahaja dan tidak menerangkan secara terperinci mengenai teknikaliti sistem BIM.
- ii. Kajian tertumpu kepada pihak yang melaksanakan atau menjalankan kerja-kerja Pengurusan Fasiliti dari segi pengoperasian dan penyelenggaraan.
- iii. Kajian dijalankan di dalam Malaysia sebagai lokasi kajian.

2. Kajian Literatur

2.1 Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM)

Sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) adalah suatu pengetahuan yang penting di dalam industri Seni bina, Kejuruteraan, Pembinaan dan Pengoperasian (SKP) (Succar, 2008). Akibatnya, terdapat beberapa variasi definisi yang telah diberikan istilah tersendiri bagi membuktikan kepentingan BIM. Sebahagian berpendapat bahawa sistem BIM adalah kesinambungan daripada sistem Reka Bentuk Berbantu Komputer (CAD), sementara ada juga sebahagian yang berpendapat bahawa ianya adalah suatu model siri dengan mempunyai elemen-elemen yang berbeza bagi sesebuah projek (Azhar, 2011). Aplikasi BIM menghubungkan kesemua pihak terlibat seperti arkitek, kontraktor, juru ukur, pereka dan pemilik untuk kerja bersama atas satu sistem maklumat yang sama

(Eastman *et al.*, 2009). Oleh itu, perkara ini dapat membuatkan kesemua pihak untuk dapat berkongsi maklumat dengan satu sama lain serta meningkatkan keyakinan dan konsistensi antara mereka. Sesebuah model BIM mengandungi perwakilan bahagian sebenar yang digunakan di dalam proses pembinaan, di mana dalam hal ini ia mengandungi geometri, hubungan ruang, maklumat georafikal, jumlah dan sifat semula jadi komponen bangunan, anggaran kos, jadual projek dan persediaan bahan (Bazjanac, 2006). Kitaran hidup sebuah bangunan boleh juga disimulasikan dengan menggunakan BIM dari awal pembinaan sistem ini sehingga ke operasi fasiliti (Sabol, 2008).

(a) Dimensi BIM

Terdapat beberapa dimensi BIM seperti 3D, 4D, 5D, 6D, dan 7D. BIM 3D mengandungi semua hubungan ruang, maklumat geografi dan geometri sebagai contoh, panjang, lebar, dan tinggi komponen-komponen bangunan. Dengan menggunakan model 3D maya bangunan, kesilapan reka bentuk diakibatkan oleh lukisan 2D yang tidak konsisten telah dikenalpasti dan dihapuskan (Eastman *et al.*, 2011). BIM 4D memerlukan perhubungan antara rancangan pembinaan dengan model 3D, dimana membuatkan ia boleh menggambarkan bagaimana bangunan dan tapak pembinaan akan kelihatan pada bila-bila masa dengan simulasi proses pembinaan. Alatan 4D membenarkan perancang untuk berkomunikasi secara visual dan merancang aktiviti dalam konteks masa dan ruang (Eastman *et al.*, 2011).

BIM 5D memerlukan kos projek untuk diintegrasikan dengan model 3D bangunan bagi membuatnya mudah untuk meramal dan menjejaki kos projek melalui semua fasa-fasa dalam pembinaan. Perkara ini adalah sangat membantu pada tahap awal projek dilaksanakan untuk mewujudkan bajet perbelanjaan (Kymmell, 2008). Model BIM 6D berurusan dengan segala benda yang mempunyai kaitan dengan kelestarian bangunan, seperti analisis tenaga. BIM 6D membantu dalam menganalisis penggunaan tenaga bangunan dan mengeluarkan anggaran tenaga pada peringkat reka bentuk awal. Dengan mengambil kira peringkat kehidupan struktur, BIM 6D memastikan ramalan yang tepat mengenai keperluan penggunaan tenaga (United BIM, 2018). Manakala, BIM 7D merujuk kepada komponen projek dalam semua aspek bangunan kehidupan. Biasanya dikeluarkan di akhir pembinaan, model 7D terbina mengandungi semua maklumat yang diperlukan untuk pemilik bagi penggunaan dan penyelenggaraan bangunan dalam Pengurusan Fasiliti (United BIM, 2018).

2.4 Pengurusan Fasiliti (FM)

FM adalah suatu integrasi dari spektrum meluas sebuah perniagaan teras organisasi dan perkhidmatan sokongan yang menumpukan kepada koordinasi manusia, tempat, proses perniagaan dan teknologi dalam mencapai kelestarian Pengurusan Fasiliti dengan kecemerlangan amalan terbaik. FM juga adalah suatu kerjaya yang merangkumi pelbagai disiplin untuk memastikan kefungsiannya persekitaran dibina dengan mengintegrasikan manusia, tempat, proses, dan teknologi (IFMA, 2013). FM boleh diringkaskan sebagai suatu integrasi pengurusan atau pengintegrasian kerja untuk meningkatkan prestasi organisasi tersebut dan dengan mengambil semua definisi di atas, ia boleh disimpulkan bahawa FM melibatkan aktiviti multi-disiplin yang mempunyai integrasi antara manusia, tempat, proses perniagaan dan teknologi, seperti yang telah dinyatakan oleh Sulaiman (2013).

2.5 Kepentingan Penggunaan BIM dalam FM

Terdapat pelbagai kelebihan dalam menggunakan BIM dalam pengurusan fasiliti. Antaranya ialah:

(a) Kos operasi yang berkesan

Kajian *interoperability* oleh National Institute of Science Technology (NIST) Amerika Syarikat menunjukkan bahawa dua per tiga daripada anggaran kos hilang di Amerika Syarikat akibat daripada ketidakcekapan semasa fasa pengoperasian dan penyelenggaraan (Azhar *et al.*, 2012). BIM membolehkan memasukkan pertimbangan persekitaran dan kos kitaran hidup operasi dan selenggara

ke dalam kos reka bentuk menjadi rendah. BIM boleh juga membantu meningkatkan kualiti dan ketepatan dalam meramal kewangan, dimana ia boleh membawa kepada usaha yang lebih kompleks yang akan mengakibatkan kesilapan, tanpa mengira kecekapan dan ketekunan semua pihak yang terlibat (Smith dan Tardiff, 2009). Dengan menggunakan bantuan BIM dalam pengoperasian bangunan dapat mengurangkan kerugian ini dengan ketara (Azhar *et al.*, 2012).

(b) Kecekapan masa membuat keputusan

Penggunaan model BIM boleh direka untuk membekalkan maklumat dengan pantas dan pangkalan data untuk analisis dan penilaian yang diperlukan (Ani *et al.*, 2015). Pelaksanaan BIM sangat membantu pengurus fasiliti untuk mengakses maklumat yang diperlukan dengan cepat. Pelaksanaan merujuk kepada aktiviti yang dilakukan oleh seorang pihak yang diketahui dan melaksanakan sistem baru bagi mempertingkatkan prestasi semasa (Succar dan Kassem, 2015).

(c) Sumber membuat keputusan

Organisasi yang terlibat dalam FM mempunyai peluang untuk menggunakan BIM sebagai suatu repositori maklumat bagi mendokumentasi maklumat fasiliti yang berkembang dan bagi menyokong keputusan yang dibuat oleh pengurus fasiliti semasa fasa pengoperasian sebuah fasiliti (Golabchi dan Akula, 2013). BIM mampu menyediakan satu cara baru dalam menganalisis bagaimana bangunan berkelakuan/merosot dari masa ke semasa bagi membantu beri sokongan dalam membuat keputusan untuk merancang kerja penyelenggaraan dan melaksanakan pembaikan dalam fasiliti (Volk *et al.*, 2014).

(d) Sistem pendokumentasian lebih baik

Kakitangan penyelenggaraan fasiliti mengalami kesusahan dalam mengekalkan fasiliti apabila hanya bergantung kepada dokumen atas kertas (Ani *et al.*, 2015). Pengurusan data manual semasa membuatkan pengurusan ruang tidak teratur bagi penyimpanan pengurusan data. Repositori BIM membenarkan persekitaran tanpa kertas dan data dapat disimpan atau diubah suai menggunakan peranti ICT. Dengan menggunakan model BIM dan bukannya kertas dicetak, kakitangan FM dapat menggabungkan komponen sebenar dengan model 3D yang sesuai dan dapat membimbing diri mereka dengan menggunakan sistem tersebut untuk melaksanakan rancangan tindakan dengan cepat (Golabchi dan Akula, 2013). Repositori BIM adalah suatu model nyata yang mampu meningkatkan nilai sebuah harta tanah (Smith dan Tardiff, 2009).

(e) Kerjasama dan kelenturan kerja

BIM membenarkan kerjasama, meningkatkan komunikasi, meningkatkan penyampaian perkhidmatan, meningkatkan peralihan antara rakan perniagaan, mengurangkan kitaran masa, meningkatkan kecekapan tenaga, kecekapan kos dan produktiviti di tempat kerja (Motawa dan Almarshad, 2013). BIM mempunyai potensi untuk meningkatkan komunikasi dan daya *interoperability* dalam FM dengan menghapuskan ketidakcekan dan memperkemas sistem operasi dan selenggara bagi fasiliti (Golabchi dan Akula, 2013).

(f) Maklumat dikemaskini dan pengesanan percanggahan

Perisian BIM membolehkan pemeriksaan atau pengesanan percanggahan dimana ia mengenal pasti lokasi dua elemen yang saling bertentangan (Levy, 2012). BIM boleh menjadi satu medium yang berdaya untuk menyimpan sebarang perubahan yang berlaku pada keadaan dan penubuhan sebuah fasiliti (Golabchi dan Akula, 2013).

2.6 Cabaran Pelaksanaan BIM dalam FM

(a) Kurang amalan dan garis panduan terbaik

Pemilik dan pengurus fasiliti kurang pengetahuan BIM yang cukup. Mereka kurang pasti tentang bagaimana BIM boleh digunakan untuk FM (BIFM, 2012). Sememangnya terdapat kekurangan dalam kajian kes amalan yang terbaik serta bukti yang kukuh bagi menunjukkan kelebihan penggunaan BIM dalam FM (Lane, 2013).

(b) Industri pembinaan tidak memahami FM

Cabaran utama dalam penggunaan BIM adalah bahawa pengurus fasiliti tidak terlibat dalam fasa awal kitaran hidup sesebuah fasiliti. Oleh sebab itu, pengurus fasiliti tidak dapat menentukan data yang diperlukan dan ini akan memberi kesan kepada penggunaan reaktif yang meluas (Williams *et al.*, 2014). Kajian menunjukkan walaupun mereka terlibat dalam peringkat awal projek, mereka tidak dilihat sebagai pihak yang penting. Selain itu, pengurus fasiliti mempunyai kemahiran penggunaan BIM yang tidak cukup merupakan halangan lain dalam pengadaptasian BIM (BIM-Task-Group, 2015).

(c) Data yang Digunakan

Walaupun terdapat beberapa kajian dalam literatur, jurang pengetahuan dan teknologi antara pereka bentuk dan pengurus fasiliti masih luas. Penggunaan pengetahuan pangkalan data BIM yang berkesan bergantung kepada tahap pengetahuan terhadap data yang diperlukan oleh semua pihak melalui kitaran hidup projek tersebut (Liu dan Issa, 2013). Oleh itu, keperluan Pengurusan Fasiliti haruslah diterangkan dengan jelas, supaya teknologi baru ini dapat membawa maklumat yang tepat kepada pihak yang sesuai.

(d) Isu kualiti maklumat model BIM

Pengawasan ketepatan, kesesuaian dan kualiti aliran maklumat ini adalah penting untuk membuat keputusan yang optimum semasa peringkat pengoperasian dan penyelenggaraan (Ghosh *et al.*, 2015). Semasa penyerahan projek, salah satu tanggungjawab pemilik yang mencabar adalah menilai Kualiti Maklumat (IQ) model BIM untuk Pengurusan Fasiliti. Menurut kepada Zadeh *et al.* (2015), BIM kebanyakannya direka bagi fasa reka bentuk dan pembinaan yang mengandungi masalah kualiti yang ketara termasuk maklumat yang tidak tepat, tidak lengkap, atau tidak perlu.

(e) Jurang Interoperability dan Bahasa

Terdapat keserasian yang terhad antara teknologi BIM dan FM dimana ianya lebih bermasalah disebabkan oleh perbezaan yang ketara antara kitaran hidup teknologi BIM dan teknologi FM. Bagaimanapun, nampaknya terdapat keraguan terhadap kemampuan *Issued for Construction* (IFC) sebagai protokol komunikasi dalam BIM untuk FM (B.I.M, 2012). Walaupun dalam kajian literatur, pertukaran maklumat Operasi Pembinaan Bangunan (COBie) diperkenalkan sebagai bentuk pertukaran data utama, ia tidak digunakan dengan meluas dalam praktis BIM.

(f) Kekurangan kerangka kontrak

Pada umumnya, pelaksanaan BIM mempunyai masalah kerangka kontrak dan isu ini lebih wajar bagi mengintegrasikan BIM dan FM. Terdapat satu keperluan dalam melaksanakan BIM untuk spesifikasi FM bagi membekalkan keperluan semasa untuk fungsi dan perniagaan FM (Kelly *et al.*, 2013). Dalam kata lain, proses tradisional kontrak sepatutnya diubah suai supaya dapat bergabung dengan penyampaian BIM-FM.

3. Metodologi Kajian

3.1 Pemilihan tajuk kajian

Pada peringkat ini, isu atau masalah yang berlaku iaitu mengenai Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) dikenal pasti. Seterusnya halatuju bagi kajian ini dikenalpasti dan dirancang melalui pernyataan masalah yang dibentuk daripada masalah berlaku. Seterusnya, pembentukan objektif kajian dirancang berdasarkan persoalan yang timbul dari isu yang berlaku.

3.2 Kajian literatur

Peringkat kedua ini dibuat bagi menerangkan dengan lebih terperinci berkenaan tajuk kajian yang ingin dijalankan berpandukan sumber-sumber lain. Kebanyakan sumber yang diperolehi adalah berdasarkan internet, artikel serta jurnal-jurnal yang berkaitan. Setiap sumber rujukan yang diperolehi dapat membantu dalam memberikan gambaran yang lebih luas mengenai bidang kajian yang dipilih.

3.3 Pengumpulan data

Kaedah kualitatif akan dilakukan bagi memastikan objektif-objektif kajian tercapai. Kaedah kualitatif yang digunakan adalah dengan melaksanakan sesi temubual separa struktur (*Semi-structured Interview*) ke atas pihak Pengurusan Fasiliti yang terlibat di dalam penggunaan BIM. Beberapa orang responden akan dijadikan sampel dalam sesi temubual ini dan ianya akan dilaksanakan di dalam Malaysia yang dijadikan sebagai lokasi kajian. Hasil daripada temubual bersama pihak industri akan dirakam menggunakan perakam suara dan akan dicatatkan di dalam laporan tesis ini.

3.4 Analisis data

Hasil dapatan daripada kaedah yang tersenarai dalam metodologi kajian akan dikumpulkan dan dianalisa untuk mendapatkan penemuan secara menyeluruh tentang kajian ini. Teknik analisis yang dilakukan adalah teknik analisis deskriptif. Penemuan daripada kajian ini akan dijadikan penyelesaian kepada persoalan yang timbul dan mencapai objektif kajian.

4. Analisis Data dan Perbincangan

4.1 Latar belakang responden

Jadual 1 menunjukkan pengkaji memperoleh ketiga-tiga responden (R1, R2, R3) yang mempunyai jawatan dan daripada agensi serta mempunyai pengalaman berkerja dan pengalaman dalam Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) yang berbeza. Perbezaan dalam semua aspek ini akan memberikan ketelusan dari segi perolehan data untuk kajian yang dilakukan ini.

Jadual 1: Latar Belakang Responden

Perkara	R1	R2	R3
Jawatan	Juru Ukur	Pengarah Urusan	Juru Ukur
Jenis Organisasi/Syarikat	Kerajaan	Swasta	Kerajaan
Pengalaman Bekerja	6 tahun	22 tahun	9 tahun
Pengalaman BIM dalam FM	2 tahun	5 tahun	2 tahun

4.2 Kepentingan pelaksanaan sistem pemodelan maklumat bangunan (bim) bagi mengurangkan kos pengurusan fasiliti

Jadual 2 menunjukkan terdapat banyak kepentingan penggunaan sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) bagi mengurangkan kos dalam pengurusan fasiliti. BIM mampu untuk mengumpulkan maklumat bangunan yang lengkap, boleh dipercayai, dapat diakses dan mudah ditukar bagi sesiapa sahaja yang memerlukannya sepanjang kitaran hidup sesebuah bangunan (Smith dan Tardiff, 2009). Berdasarkan kenyataan responden 1 (R1), visualisasi model secara 3D dan bukannya sekadar lukisan 2D dapat memastikan data yang diperolehi adalah tepat dan dapat

mengelakkan sebarang kesilapan dalam operasi dan penyelenggaraan Pengurusan Fasilitas. Dengan adanya BIM data lengkap dapat diperoleh pada peringkat LOD 500.

Jadual 2: Kepentingan Pelaksanaan BIM bagi mengurangkan kos dalam Pengurusan Fasilitas

Kepentingan Pelaksanaan Sistem BIM dalam Pengurusan Fasilitas	R1	R2	R3
Visualisasi model 3D	✓	✓	✓
Data yang lengkap	✓	✓	✓
Kolaborasi dan kerjasama		✓	
Maklumat dikemaskini dan pengesanan percanggahan	✓		
Sistem pendokumentasian lebih baik	✓		
Sumber membuat keputusan	✓		✓
Jimat masa	✓	✓	✓
Jimat kos	✓	✓	✓
Memantau penggunaan ruang			✓

Selain itu, maklumat yang diperolehi daripada data yang dikeluarkan oleh BIM adalah maklumat yang dikemaskini oleh BIM supaya dapat mengesan sebarang percanggahan pada masa akan datang. Oleh itu, ia akan membantu pengurus fasilitas untuk mengekstrak maklumat dengan mudah dan cepat. Justeru, dapat menjimatkan masa serta menjadikan kos pengurusan fasilitas lebih efektif. BIM juga mampu membuatkan sistem pendokumentasian dalam pengurusan lebih baik kerana pangkalan data penyelenggaraan yang boleh dipercayai diperlukan bagi menyimpan sejarah kerja penyelenggaraan dan pembaikan serta maklumat perubahan yang berkaitan dengan kerja-kerja penyelenggaraan supaya dapat mengelak sebarang percanggahan di masa akan datang. Berdasarkan kenyataan dari responden 2 (R2), kepentingan penggunaan sistem BIM bagi mengurangkan kos dalam FM dapat membuat visualisasi model projek secara 3D supaya mereka dapat memasuki bangunan tersebut walaupun sebelum bangunan itu siap lagi. Ini membuatkan mereka dapat menjimatkan masa dalam menyiapkan anggaran kos operasi dan selenggaraan fasilitas bangunan tersebut lantas terus dapat mengurangkan kos Pengurusan Fasilitasnya. BIM dapat membantu para juru ukur dan pengurus fasilitas untuk membuat keputusan bagi anggaran dan unjuran kos operasi dan selenggara sesebuah fasilitas. Justeru itu mereka dapat mengenali elemen penjimatan sebelum menjalankan kerja Pengurusan Fasilitas itu lagi. Selain itu, terdapat 'Information'(maklumat) yang tepat terdapat dalam BIM yang dapat membantu mengelakkan sebarang kesilapan dalam pengiraan anggaran kos pengurusan fasilitas dan dapat menghasilkan kos pengurusan fasilitas yang efektif.

Selain itu, BIM juga dapat menyokong kolaborasi dan kerjasama antara semua pihak AEC dalam projek pembinaan dan membenarkan FM dapat bekerjasama sejak dari fasa reka bentuk, pembinaan lagi supaya dapat mengelakkan sebarang percanggahan dalam fasa operasi dan selenggara lantas dapat menjimatkan kos pengurusan fasilitas. Berdasarkan kenyataan dari responden 3 (R3), ada rekod model 3D, memberi gambaran yang tepat tentang keadaan fasilitas bangunan tersebut. Visualisasi Model 3D adalah sudah tepat dan ini membolehkan para juru ukur untuk membuat anggaran kos bagi Pengurusan Fasilitas sesebuah bangunan itu dengan lebih tepat. Di syarikat R3 mereka mewajibkan untuk menggunakan data model siap bina yang lengkap hingga peringkat LOD 500. Pada peringkat ini data aset adalah teratur dan sistematik kerana data rekod model adalah nyata seperti di tapak pembangunan projek. Oleh itu ia akan menyebabkan kemudahan untuk membuat ukuran dan unjuran kewangan serta perancangan jangka masa panjang dan pendek kerana adanya sumber membuat keputusan. Perancangan penyelenggaraan akan menjadi lebih mudah dengan adanya data yang lengkap. Seterusnya, dapat menjimatkan masa membuat anggaran kos dan membuat rancangan penyelenggaraan. Selain itu, kepentingan BIM dalam FM juga dapat memantau penggunaan ruang sesebuah fasilitas tersebut yang telah diwakilkan penggunaannya untuk apa. Kesemua responden mempunyai pandangan yang agak

sama dengan pengkaji terdahulu dalam kepentingan-kepentingan penggunaan sistem BIM bagi mengurangkan kos pengurusan fasiliti di mana BIM mampu untuk mengumpulkan maklumat bangunan yang lengkap, boleh dipercayai, dapat diakses dan mudah ditukar bagi sesiapa sahaja yang memerlukannya sepanjang kitaran hidup sesebuah bangunan (Smith dan Tardiff, 2009).

Penggunaan model BIM boleh direka untuk membekalkan maklumat dengan pantas dan menjadi suatu pangkalan data untuk analisis dan penilaian yang diperlukan dalam Pengurusan Fasiliti (Ani *et al.*, 2015). Perancangan fasiliti pengawal pantai di Amerika Syarikat menyatakan dalam kajian mereka bahawa 98% masa dapat dijimatkan dalam mencipta dan mengemas kini data fasiliti dalam pangkalan data apabila BIM digunakan (Akcamente *et al.*, 2010). Responden 1 (R1) menyatakan bahawa kepentingan pelaksanaan BIM yang paling signifikan dalam mengurangkan kos Pengurusan Fasiliti adalah data yang diperolehi daripada BIM. Hal ini kerana data tersebut dapat menyokong pengurus fasiliti dalam melakukan anggaran dan unjuran kos dalam pengurusan fasiliti yang akhirnya dapat menjimatkan masa dan kos. Menurut responden 2 (R2), mengakses maklumat adalah kepentingan yang paling signifikan dalam pelaksanaan BIM bagi mengurangkan kos pengurusan fasiliti. Masalah yang sering dihadapi oleh pengurus fasiliti biasa adalah mengakses maklumat untuk Pengurusan Fasiliti. Apabila ada model BIM, pengurus fasiliti boleh mengakses maklumat hanya di hujung jari. Daripada situ pengurus fasiliti dapat membuat perancangan dan unjuran dan mulai mengira kos sebenar pengurusan fasiliti selain daripada hanya dapat membuat pengurusan setelah bangunan tersebut siap. Menurut responden 3 (R3), Kepentingan BIM yang paling signifikan adalah data. Apabila menyebut BIM dan FM, kata kuncinya yang sebenar adalah data. Jika dilihat pada sudut menuju industri 4.0, kebanyakannya akan menyebut tentang 'Big Data'. Dengan adanya BIM, ia mampu menjimatkan kos Pengurusan Fasiliti dari segi penyelenggaraan dan anggaran kos yang lebih tepat dan sistematik. Hasil daripada kesemua kenyataan yang diberikan oleh para responden, didapati bahawa pendapat mereka mempunyai persamaan antara satu sama lain. Kenyataan kesemua responden juga sama dengan kajian sebelum ini yang dilakukan oleh Akcamete *et al.*, (2010) bahawa 98% masa dapat dijimatkan dalam mencipta dan mengemas kini data fasiliti dalam pangkalan data apabila BIM digunakan.

4.3 Cabaran pelaksanaan pemodelan maklumat (bim) dalam pengurusan fasiliti bagi mengurangkan kos pengurusannya

Kurangnya proses untuk mengemas kini model yang dirancang dengan maklumat yang terbina adalah dianggap antara cabaran utama BIM dalam aplikasi FM (Gu dan London, 2010). Peranan dan tanggungjawab untuk menyediakan data dan mengekalkan modelnya tidak ditakrifkan dengan baik (Becerik-Gerber *et al.*, 2012). Pendekatan budaya untuk mengadaptasi proses dan teknologi baru dalam industri Pengurusan Fasiliti dianggap sebagai cabaran utama. Industri FM agak kaku pendekatannya bagi teknologi baru, melainkan jika faedah BIM untuk FM terbukti dengan jelas, pengambilannya dalam industri FM akan terus rendah (Becerik-Gerber *et al.*, 2012).

Jadual 3: Cabaran pelaksanaan BIM dalam FM bagi mengurangkan kos pengurusannya

Cabaran Pelaksanaan BIM Dalam FM	R1	R2	R3
Kos permulaan perisian yang tinggi	√	√	√
Data yang digunakan adalah besar	√		√
Kekurangan pengetahuan	√	√	√
Kos alatan yang tinggi	√		
Perubahan pengurusan		√	
Jumlah kompetensi manusia			√
Kekurangan pesaing dalam pasaran			√

Responden 1 (R1) menyatakan bahawa kos teknologi yang tinggi merupakan cabaran yang paling signifikan dalam melaksanakan BIM dalam pengurusan fasiliti bagi mengurangkan kos pengurusan (rujuk Jadual 3). Hal ini kerana pada peringkat awal penggunaan BIM, pihak Pengurusan Fasiliti perlu membeli perisian. Perisian BIM pula bukanlah murah dan mereka memerlukan peruntukkan yang tinggi bagi peringkat pelaksanaan awal perisian BIM. Tambahan pula, keperluan *server* yang besar diperlukan dalam penggunaan BIM. Hal ini kerana penggunaan data yang besar disebabkan oleh penukaran dari lukisan 2D kepada 3D. Oleh itu, penyimpanan data yang besar menyebabkan keperluan *server* yang besar dan ini menyebabkan syarikat perlu mengeluarkan peruntukkan untuk membeli server tersebut kerana server yang sedia ada tidak mampu menampung keperluan BIM serta ianya tidak mencukupi bagi penggunaan BIM dalam FM.

Kos alatan juga menjadi suatu cabaran pelaksanaan BIM dalam FM dalam mengurangkan kos Pengurusan Fasiliti kerana alatan perkakasan yang mahal seperti komputer mereka perlu menggunakan komputer yang mempunyai '*high spec*' dan '*graphic card*' yang tinggi bagi menampung penggunaan BIM yang memerlukan penyimpanan data yang besar. Seterusnya, kekurangan pengetahuan akan kepentingan BIM dalam FM juga menyumbang kepada cabaran dalam pelaksanaan BIM bagi mengurangkan kos Pengurusan Fasiliti kerana mereka merasakan bahawa BIM hanya akan menyebabkan mereka perlu melabur kos yang tinggi bagi sesuatu projek pembinaan itu tanpa mengetahui bahawa kos permulaan BIM jika dibandingkan dengan kos operasi dan selenggara adalah lebih rendah. pengurusannya. Kebanyakan pihak industri pembinaan lebih fokus akan penggunaan BIM dalam fasa reka bentuk dan pembinaan dan tidak tahu bahawa kos pembinaan sesuatu bangunan hanyalah 25% dan kos selebihnya iaitu 75% adalah kos Pengurusan Fasiliti. Oleh itu, pihak Pengurusan Fasiliti dan juga pihak dalam industri pembinaan perlu tahu akan kepentingan BIM dalam FM bagi mengurangkan kos pengurusannya.

Responden 2 (R2) pula menyatakan bahawa perubahan pengurusan yang merupakan cabaran pelaksanaan BIM kerana mereka perlu menukar cara pengurusan mereka dari menggunakan cara konvensional penggunaan lukisan 2D kepada pelaksanaan BIM dalam Pengurusan Fasiliti. Terdapat pelbagai persediaan yang mereka harus lakukan sebelum betul-betul melaksanakan BIM. Perkara ini sama dengan kenyataan kajian terdahulu yang cabaran pelaksanaan BIM dalam FM berkait dengan keperluan untuk perubahan organisasi atau perubahan kepada proses perniagaan serta kecekapan pelaksanaannya (Burgess *et al.*, 2007).

Akhir sekali, Responden 3 (R3) menyatakan bahawa di Malaysia terdapat sedikit persaingan dalam perniagaan projek pembangunan yang menggunakan BIM-FM. Hal ini menyebabkan pertumbuhan BIM-FM di Malaysia ini hanyalah pada tahap 3 hingga 4 sahaja kerana penggunaannya adalah masih rendah. Apabila persaingan rendah, maka tidak banyak syarikat yang ingin memasuki tender dalam projek BIM-FM. Oleh itu, persaingan antara syarikat Pengurusan Fasiliti di Malaysia dalam projek BIM-FM adalah penting bagi mengatasi cabaran ini.

Kesimpulannya, kenyataan Responden R1 dan R3 bercanggah dengan kajian terdahulu oleh Gu dan London (2010) dan Becerik-Gerber *et al.* (2012) yang menyatakan bahawa kurangnya proses untuk mengemas kini model yang dirancang dengan maklumat yang terbina adalah dianggap antara cabaran utama BIM dalam aplikasi FM serta Pendekatan budaya untuk mengadaptasi proses dan teknologi baru dalam industri Pengurusan Fasiliti dianggap sebagai cabaran utama. Kenyataan Dari R2 mempunyai persamaan dengan kajian dari Burgess *et al.* (2007) yang menyatakan bahawa cabaran pelaksanaan BIM dalam FM berkait dengan keperluan untuk perubahan organisasi atau perubahan kepada proses perniagaan serta kecekapan pelaksanaannya.

5. Kesimpulan

Terdapat dua objektif yang ingin dicapai diakhir kajian ini dijalankan yang berkaitan dengan pelaksanaan sistem pemodelan maklumat bangunan (BIM) bagi mengurangkan kos Pengurusan Fasiliti. Antaranya adalah kajian ini bertujuan untuk mengkaji kepentingan-kepentingan pelaksanaan sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) bagi mengurangkan kos Pengurusan Fasiliti serta mengenalpasti cabaran-cabaran Pelaksanaan Pemodelan Maklumat (BIM) dalam Pengurusan Fasiliti bagi mengurangkan kos pengurusannya. Oleh itu, hasil penemuan kajian ini akan membincangkan kedua-dua objektif kajian yang dinyatakan seperti berikut:

Bagi objektif pertama, berdasarkan analisis kajian yang telah dibuat, terdapat banyak kepentingan penggunaan sistem Pemodelan Maklumat Bangunan (BIM) bagi mengurangkan kos dalam pengurusan fasiliti yang dinyatakan oleh responden-responden. semua responden mempunyai pendapat yang agak sama dan dapat memperoleh kepentingan yang paling signifikan untuk pelaksanaan sistem BIM bagi mengurangkan kos pengurusan fasiliti iaitu data yang lengkap. Kesemua responden juga bersetuju bahawa kepentingan-kepentingan ini dapat menyumbang kepada pengurangan kos Pengurusan Fasiliti. Oleh itu, setiap pengurus fasiliti yang mempunyai kepakaran dalam bidang masing masing haruslah mengkaji kepentingan-kepentingan BIM dalam FM tersebut supaya dapat memperluaskan lagi syarikat pengurusan fasiliti mereka.

Manakala, objektif kedua yang telah dibuat daripada jumlah responden yang diperoleh menerusi soalan yang diajukan mendapati bahawa cabaran yang dihadapi dalam pelaksanaan BIM dalam pengurusan bagi mengurangkan kos pengurusannya adalah kos teknologi yang tinggi, data yang digunakan adalah besar, kekurangan pengetahuan tentang kepentingan BIM dalam FM, perubahan pengurusan, kos alatan yang tinggi, perubahan pengurusan, keperluan *server* yang besar, jumlah kompetensi manusia yang rendah dan juga kekurangan pesaing dalam pasaran. Oleh itu, penyelidik mendapati hasil yang di peroleh telah membantu dalam menjawab persoalan kajian.

Penghargaan

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

Rujukan

- Ali, A., K. Keong, N. Zakaria, U. Zolkafli, and F. Akashah. 2013. "The effect of design on maintenance for school buildings in Penang, Malaysia." *Struct. Survey* 31 (3): 194–201. <https://doi.org/10.1108/SS-10-2012-0030>.
- Ani, A. I. C., Johar, S., Tawil, N. M., Razak, M. Z. A., & Hamzah, N. (2015). Building Information Modeling (BIM)-based building condition assessment: a survey of water ponding defect on a flat roof. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)*, 9, 25–31
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modelling (BIM): now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12, 15–28. Retrieved from <http://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/article/view/3032>
- Bazjanac, V. (2006). Virtual Building Environments (VBE) –Applying Information Modeling to Buildings. [Internet], Capaian <http://repositories.cdlib.org/lbnl/LBNL-56072/>
- BIFM (British Institute of Facilities Management). 2017. "Facilities management introduction."retrieved from. <http://www.bifm.org.uk/bifm/about/facilities>
- Brodt, W., (2013), Adopt Information Exchange Standards and Harvest Benefits, *Facilities Manager Journal*, (40-42).

- Chen, Q., Z. Jin, B. Xia, P. Wu, and M. Skitmore. 2015. "Time and cost performance of design-build projects." *J. Constr. Eng. Manage.* 142 (2): 04015074. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001056](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001056).
- CRC Construction Innovation (2007). *Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House*. Cooperative Research Centre for Construction Innovation, Brisbane, Australia.
- Das, S., and M. Y. Chew. 2011. "Generic method of grading building defects using FMECA to improve maintainability decisions." *J. Perform. Constr. Facil.* 25 (6): 522–533. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.0000206](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000206).
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A guide to building information modelling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Son Inc (Vol. 1). doi:10.1002/9780470261309
- Ghosh A., Chasey A. D., and Mergenschroer M. (2015). In *Building information modeling: applications and practices*, R. R. A. Issa and S. Olbina, Eds., ed: American Society of Civil Engineers, 2015
- Gido, J., and J. Clements. 2012. *Successful project management (with Microsoft Project and InfoTrac)*. Mason, OH: South-Western College Publishing.
- Golabchi, A., Akula, M. V. R. K. (2013). Leveraging BIM for automated fault detection in operational. In *Proceedings of the 30th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*, International Association for Automation and Robotics in Construction (pp. 1–11). Montreal.
- IFMA. (2014). International Facility Management Association (IFMA) Website. Retrieved, from <http://www.ifma.org/about/what-is-facility-management>
- Jordani, M. (2010). BIM and FM: The Portal to Lifecycle Facility Management. *Journal for Building Information Modeling*, Spring 2010, pp. 13 - 16
- Sabol, L. (2008). *Building Information Modeling & Facilities Management. Design and Construction Strategies*, IFMA World Workplace, November 2008.
- Kelly, G., Serginson, M., Lockley, S., Dawood, N. and Kassem, M. "BIM for facility management: a review and a case study investigating the value and challenges," in *Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, 30-31 October 2013, London, U, 2013.
- Lane. T. (2013). *Tune in to BIM FM*
- Levy, F. (2012). *BIM in Small-scale sustainable design*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Son, Inc.
- Liu, R., and Issa, R. R. A. "BIM for facility management: Design for maintainability with BIM tools." *FUTURE* (2013)
- Memon, A. H., I. A. Rahman, M. R. Abdullah, and A. A. A. Azis. 2014. "Factors affecting construction cost performance in project management projects: Case of MARA large projects." *Int. J. Civ. Eng. Built Environ.* 1 (1): 30–35.
- Motawa, I., & Almarshad, A. (2013). A knowledge-based BIM system for building maintenance. *Automation in Construction*, 29, 173–182. doi:10.1016/j.autcon.2012.09.008
- Myeda, N., and M. Pitt. 2014. "Facilities management in Malaysia: Understanding the development and practice." *Facilities* 32 (9–10): 490–508. <https://doi.org/10.1108/F-02-2012-0012>.
- Penttila, H. (2006). Describing The Changes In Architectural Information Technology to Understand Design Complexity And Free-Form Architectural Expression, *1TCON 11*. (Special Issue the Effects of CAD on Building Form and Design Quality), pp. 395-408.
- Rundell, R. (2006). How can BIM benefit facilities management? Primeedge. Retrieved from <http://www.cadalyst.com/cad/building-design/1-2-3-revit-bim-and-fm-3432>
- Ali, A., K. Keong, N. Zakaria, U. Zolkafli, and F. Akashah. 2013. "The effect of design on maintenance for school buildings in Penang, Malaysia." *Struct. Survey* 31 (3): 194–201. <https://doi.org/10.1108/SS-10-2012-0030>.
- Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). *Building information modelling: A strategic implementation guide for architects, engineers, contractors and real estate asset management*. Hoboken, New Jersey.
- Succar, B., & Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64–79. doi:10.1016/j.autcon.2015.04.018
- United BIM, (2018). *BIM Dimensions 2D 4D 5D 6D 7D Definition and Benefits*. Retrieved, from <https://www.united-bim.com/what-are-bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-7d-bim-explained-definition-benefits/>
- 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.
- Jordani, M. (2010). BIM and FM: The Portal to Lifecycle Facility Management. *Journal for Building Information Modeling*, Spring 2010, pp. 13 - 16.
- Williams R., Shayesteh H., and Marjanovic-Halburd L. (2014). "Utilising Building Information Modeling For Facilities Management," *International Journal of Facility Management*, vol. 5, 2014.
- CRC Construction Innovation (2007). *Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House*. Cooperative Research Centre for Construction Innovation, Brisbane, Australia.
- Zadeh, P. A., Staub-French, S., & Pottinger, R. (2015, June). Review of BIM quality assessment approaches for facility management. In *ICSC15: The Canadian Society for Civil Engineering 5th International/11th Construction Specialty Conference* (pp. 1887-1896). University of British Columbia Vancouver, Canada.

