

PERKEMBANGAN BIM DAN DAMPAKNYA PADA TRANSFORMASI SEKTOR KONSTRUKSI

Frenki¹, Farry Yusak Mokoagow², dan Fuk Jin Oei³

¹Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
frenki.327222002@stu.untar.ac.id

²Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
farry.327231005@stu.untar.ac.id

³Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
fukjin.untar@gmail.com

Masuk: 20-10-2023, revisi: 30-11-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-11-2023

ABSTRACT

Technological advancements have reshaped our work principles, deviating from established standards. In the construction industry, many individuals and companies persist in using outdated technology, overlooking current technological strides. Building Information Modeling (BIM) stands out as a contemporary solution, offering numerous benefits not only to individual stakeholders but also to all parties involved in a construction project. Despite BIM's potential advantages, numerous practitioners remain entrenched in their comfort zones, demonstrating a lack of awareness. In response to this, a collection of articles addressing various aspects of BIM, including its benefits, obstacles, challenges, and integration with technologies like Computer-Aided Design (CAD), Unmanned Aerial Vehicles (UAV), and the Internet of Things (IoT), has been assembled. By accentuating BIM's distinctive characteristics, this research seeks to enhance awareness, ultimately fostering increased adoption and development of BIM technologies. The comprehensive exploration of BIM's traits aims to bolster awareness, paving the way for widespread adoption and advancement within the construction industry.

Keywords: BIM; Building information modeling; BIM implementation; BIM benefit

ABSTRAK

Pekembangan teknologi terus mengubah prinsip-prinsip kerja yang sudah terbentuk sebelumnya. Pada industri konstruksi, sayangnya masih banyak individu dan perusahaan yang menggunakan teknologi lama dan mengabaikan kemajuan teknologi saat ini. *Building Information Modeling* (BIM) menjadi salah satu solusi terkini yang memberikan banyak manfaat tidak hanya untuk pihak-pihak terkait individual tetapi juga untuk semua pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi. Meskipun demikian, banyak praktisi yang masih nyaman menggunakan teknologi lama, hal tersebut menunjukkan masih kurangnya kesadaran terhadap pentingnya BIM sebagai teknologi terkini. Sebagai respons terhadap hal tersebut, beberapa artikel terkait BIM telah dikumpulkan, membahas manfaat, hambatan, tantangan, dan integrasi dengan teknologi lain seperti *Computer-Aided Design* (CAD), *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), dan *Internet of Things* (IoT). Dengan menyoroti karakteristik unik BIM, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran, sehingga memperkuat peluang adopsi dan pengembangan teknologi BIM. Eksplorasi menyeluruh terhadap sifat-sifat BIM bertujuan untuk memperkuat kesadaran (*awareness*), membuka jalan bagi adopsi dan kemajuan luas dalam industri konstruksi.

Kata kunci: BIM; Building information modeling; Implementasi BIM; Manfaat BIM

1. PENDAHULUAN

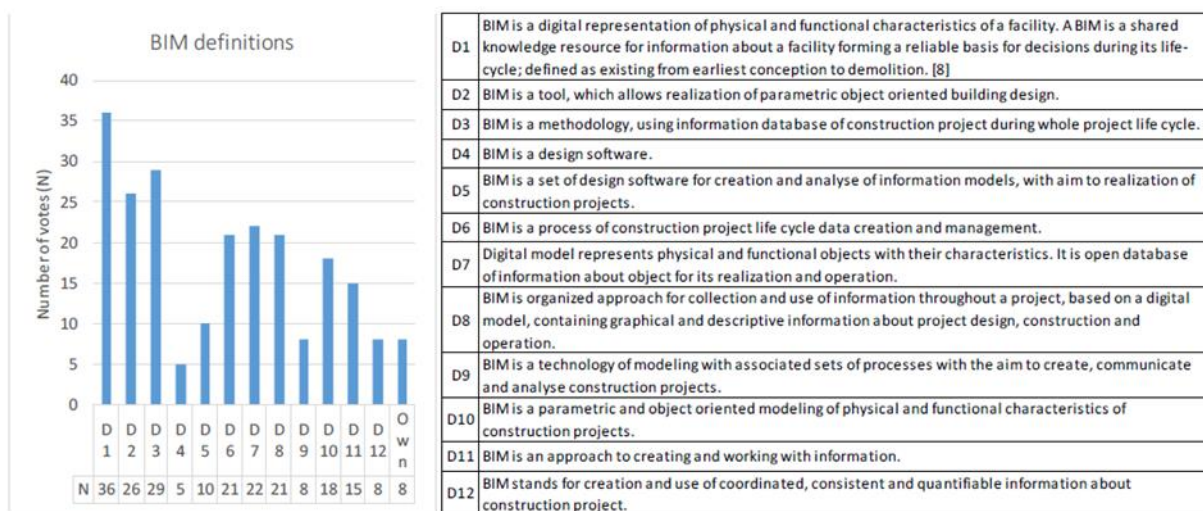
Perkembangan teknologi terus mengalami revolusi. Dahulu desainer menggambar masih menggunakan kertas dan alat bantu gambar lain. Lalu berevolusi menjadi yang umumnya dipakai sekarang adalah menggambar dengan sistem *Computer-Aided Design* (CAD). Teknologi berikutnya adalah *Building Information Modeling* (BIM) (Czmoch & Pekala, 2014).

BIM merupakan teknologi terbaru yang belum banyak orang menyadari akan manfaat dan kemudahan yang diperoleh dibandingkan dengan CAD. Dalam CAD lebih banyak menghasilkan gambar secara 2D dan kesulitan saat penggambaran 3D, tetapi dengan menggunakan BIM secara desain akan menghasilkan gambar 2D dan 3D sekaligus.

Tidak hanya sampai menggambar 3D saja yang BIM dapat lakukan, akan tetapi banyak fitur-fitur lain yang banyak manfaatnya dalam pengerjaan suatu proyek konstruksi.

BIM merupakan sebuah representasi bentuk fisik dan fungsi dari suatu fasilitas dan sebuah sumber informasi tentang suatu fasilitas sebagai acuan untuk pengambilan keputusan saat siklus hidup proyek (National BIM Standard-United States, n.d.). Selain itu, BIM juga memiliki banyak definisi yang berbeda-beda setiap pakarnya, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Dari banyaknya definisi tersebut, dengan perbedaan definisi tersebut berdasarkan 3 kategori yakni BIM sebagai sebuah produk, BIM sebagai sebuah metode, dan BIM sebagai sebuah metodologi (Matějka & Tomek, 2017).

Dengan banyaknya definisi tersebut, masih banyak yang berasumsi bahwa BIM merupakan perkembangan dari CAD yang merupakan bagian dari desain. BIM sebetulnya bukan sekedar pengganti dari teknologi CAD terdahulu, tetapi BIM memiliki kapabilitas yang lebih dari teknologi terdahulunya. Teknologi BIM terus berkembang, tetapi masih banyak pihak yang belum memiliki keinginan untuk mengadopsi yang disebabkan berbagai hambatan dan tantangan. Oleh karena itu, perlunya para pihak mengetahui manfaat dari BIM agar dapat ditemukan jalan keluar dalam mengatasi hambatan dan tantangan yang muncul.



Gambar 1. Definisi BIM oleh berbagai pakar (Matějka & Tomek, 2017)

2. METODE PENELITIAN

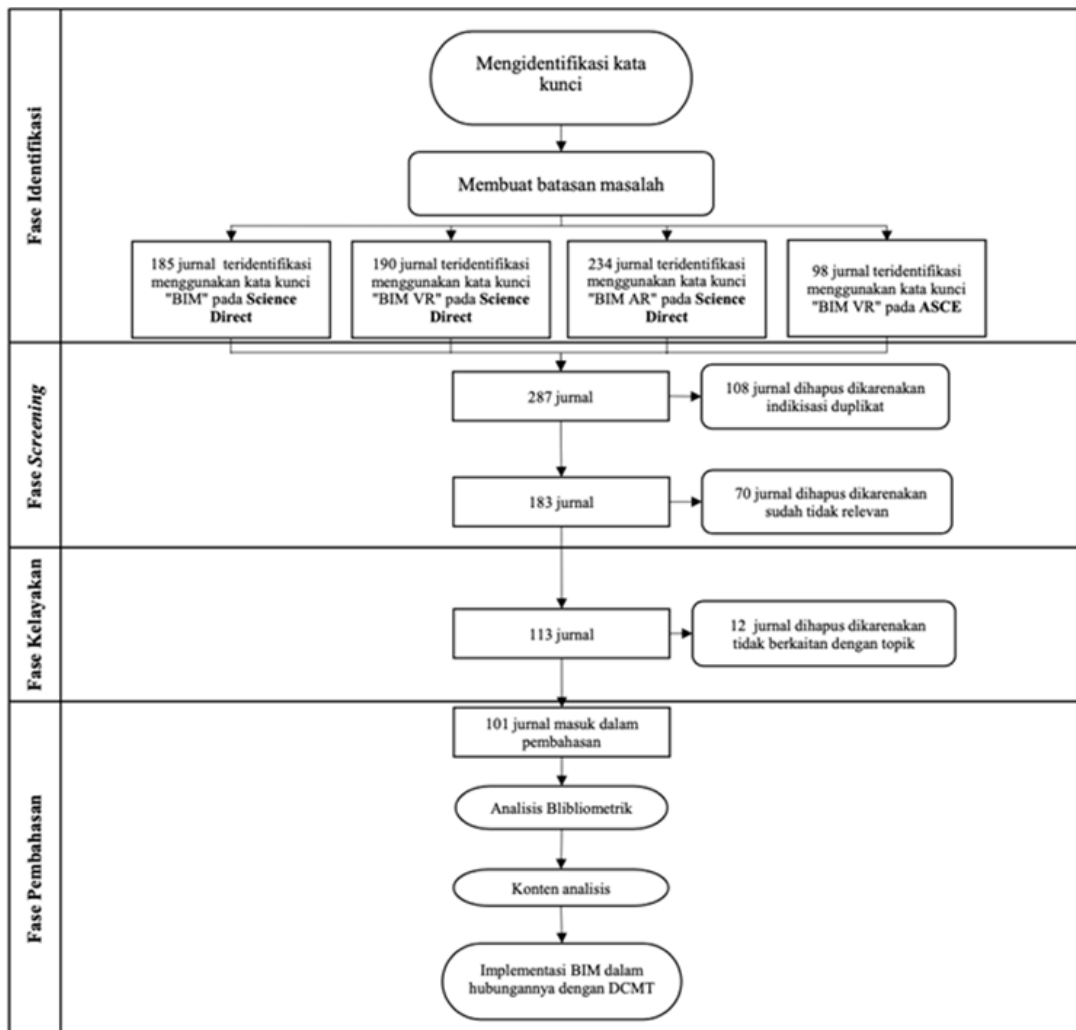
Pengumpulan data dilakukan dengan metode *systematic literature review* pada artikel jurnal yang berkaitan dengan BIM dan implementasinya. Tinjauan ini dilakukan dalam beberapa tahapan yakni tahap identifikasi, tahap penyaringan, tahap pemenuhan syarat, dan tahap terpilih yang bisa dilihat pada Gambar 2.

Pada tahap idenfikasi dimulai dengan mencari kata kunci yang berhubungan dengan BIM dan peranan BIM. Dalam pencarian menggunakan mesin pencari yang ada pada situs Science Direct dan ASCE. Sebagai tambahan, pencarian literatur dibatasi dengan kurun waktu Januari 2013 sampai dengan sekarang dan literatur yang sudah diterbitkan. Masing-masing dari mesin pencari mengidentifikasi sebanyak sebagai berikut, Science Direct sebanyak 609 artikel jurnal menggunakan kata kunci “BIM”, “BIM VR”, dan “BIM AR”, sedangkan ASCE sebanyak 98 artikel jurnal dengan menggunakan kata kunci “BIM VR” dengan total artikel jurnal yang diidentifikasi adalah 287 artikel jurnal.

Berikutnya memasuki tahap penyaringan terdapat 108 artikel jurnal yang teridentifikasi sama. Lalu artikel jurnal tersebut dilanjutkan penyaringan berdasarkan judul dan abstrak. Dari artikel jurnal yang disaring, ditemukan 113 artikel jurnal yang memenuhi kriteria yang akan dibahas.

Dilanjutkan tahap pemenuhan syarat atau fase kelayakan dengan menyisakan 113 artikel jurnal yang masuk dalam pembahasan ini. Artikel jurnal yang tidak masuk pembahasan memuat tentang pemrograman untuk BIM berjumlah 11, dan belum diterbitkan berjumlah 1 artikel jurnal.

Akhirnya pada tahap akhir, telah dipilih sebanyak 101 artikel jurnal untuk ditinjau dengan penyaringan dan pendataan manual menggunakan *Microsoft Excel*.



Gambar 2. Diagram alir peninjauan artikel jurnal

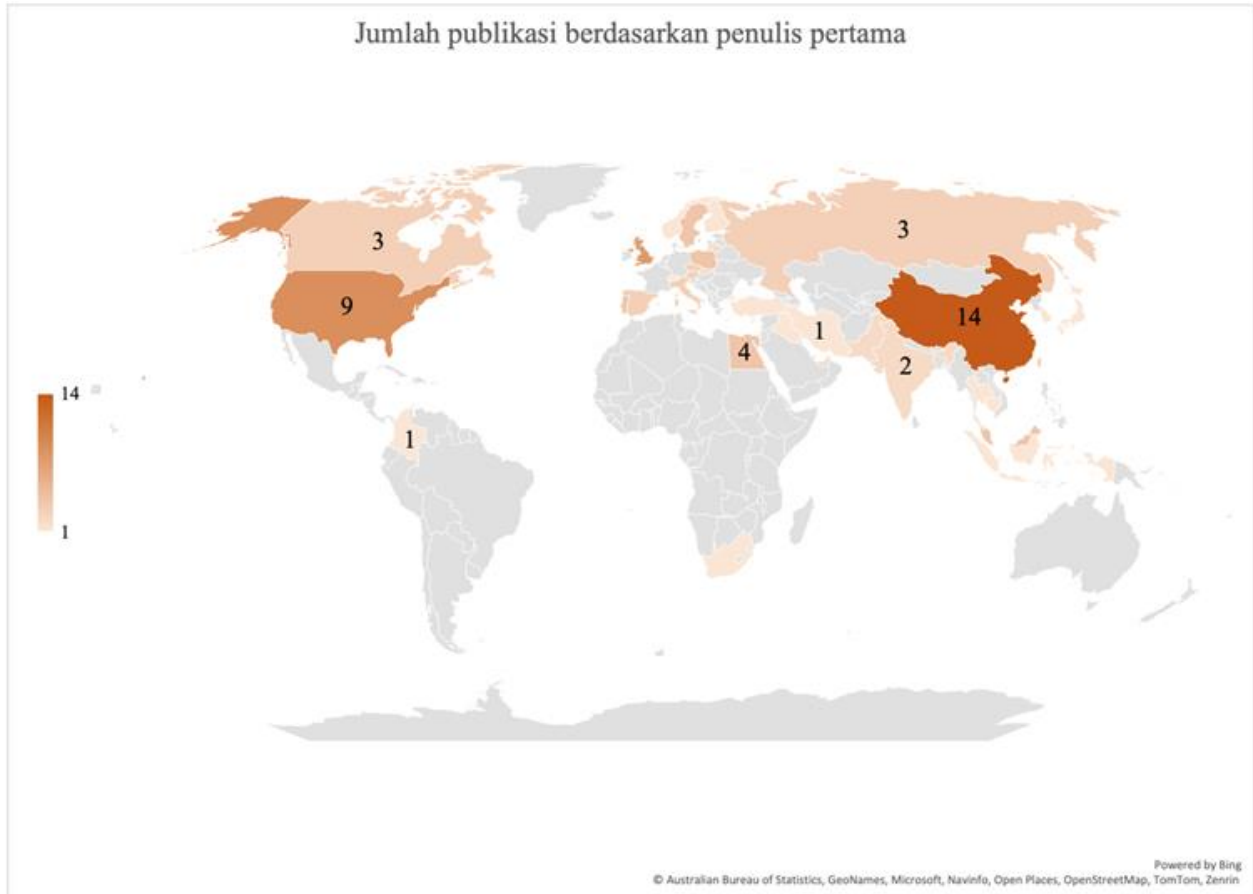
3. ANALISA HASIL

Bibliometric analysis



Grafik 3. Jumlah publikasi berdasarkan tahun (2013-2023)

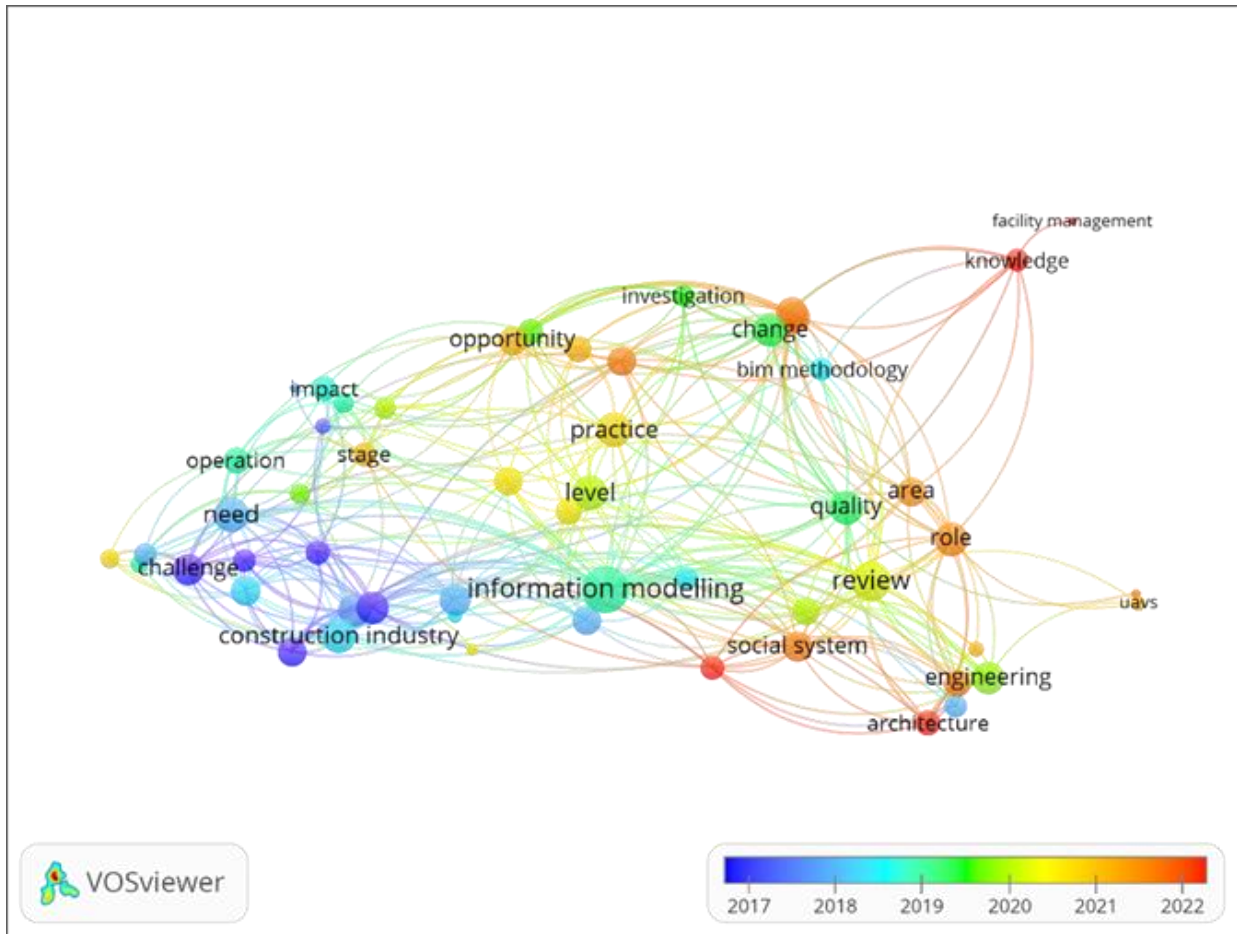
Pada Grafik 3. menjelaskan sebanyak 101 artikel jurnal sudah ditinjau dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2023. Ditunjukkan bahwa terjadi peningkatan jumlah jurnal yang dipublikasikan dalam kurun waktu 11 tahun, dengan pada 2013 dipublikasi sebanyak 2 artikel jurnal dan pada beberapa tahun terakhir mengalami peningkatan menjadi ± 13 artikel jurnal setiap tahunnya. Akan tetapi, pada tahun 2018 dan 2019 jumlah jurnal yang diambil sedikit dikarenakan keterbatasan akses terhadap jurnal yang dipublikasikan.



Gambar 4. Distribusi jurnal berdasarkan negara asal penulis pertama

Secara geografis ditunjukkan pada Gambar 4, dengan artikel jurnal yang ditinjau diketahui asal negara jurnal tersebut berdasarkan penulis pertama. Total sebanyak 39 negara yang teridentifikasi berkaitan dengan pembahasan dalam kurun waktu 11 tahun terakhir. Dengan jumlah negara dengan publikasi terbanyak adalah China sebesar 14 jurnal, Amerika Serikat sebesar 9 dan Inggris sebesar 8. Dilihat dari peringkat 3 besar jumlah publikasi mengidentifikasi bahwa penggunaan aplikasi BIM paling banyak berada pada negara maju. Sementara untuk negara berkembang, jumlah publikasi artikel mengenai penggunaan aplikasi BIM berkembang cukup pesat.

Berdasarkan Gambar 5 yang merupakan hasil visualisasi subjek yang terjadi secara bersamaan menggunakan software VOSviewer. Ditemukan bahwa kata “*information modelling*” mempunyai keterkaitan dengan kata-kata lain seperti “*BIM methodology*” dan “*construction Industry*” yang mengkategorikan sebagian besar dari jurnal yang ditinjau berkaitan dengan BIM dan implementasi BIM. Namun terdapat juga kalimat “*architecture*” dengan warna merah yang menunjukkan bahwa jurnal-jurnal terbaru lebih banyak membahas mengenai konsep pengimplementasian BIM kedalam desain suatu bangunan (perancangan, penjadwalan, dan inspeksi). Dari data ini juga dapat diketahui bahwa *BIM methodology* dan *information modelling* banyak diperbincangkan pada jurnal tahun 2018-2020.



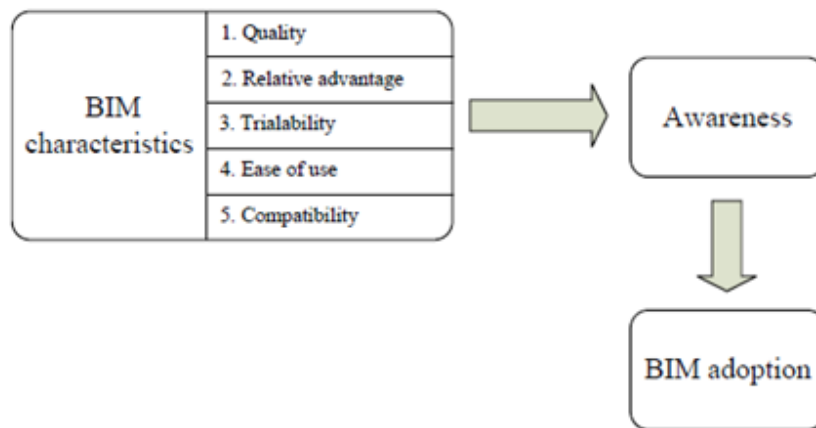
Gambar 5. Hubungan subjek yang terjadi secara bersamaan

4. CONTENT ANALYSIS

Dari literatur jurnal yang ditinjau, lalu dilakukan analisa dengan mengklasifikasinya menjadi beberapa pembahasan.

Implementasi BIM

Pembahasan ini paling dilakukan sebanyak 33 artikel jurnal. Pembahasan ini tentang manfaat, hambatan, tantangan, dan pentingnya penggunaan BIM dalam siklus hidup konstruksi. BIM digunakan sebagai alat dalam manajemen proyek dalam seluruh siklus hidup proyek akan mengurangi biaya dan waktu dengan membuat alur kerja yang efektif (Aladag et al., 2016). Beberapa manfaat dari implementasi BIM adalah meningkatkan interoperabilitas, meningkatkan keberlanjutan (sustainability) (Bui et al., 2016; Al-Ashmori et al., 2020; Othman et al., 2021; Lidelöw et al., 2023), meningkatkan produktifitas (BorjeGhaleh & Sardroud, 2016; Shaqour, 2022), memudahkan komunikasi (Dorozhkina, 2022) (Pavlovskis et al., 2017) (Czmoch & Pękala, 2014) (Hallén et al., 2023), dan peluang konstruksi selesai lebih cepat (Takim et al., 2013). Gambar 6 menunjukkan cara adopsi BIM yang dimulai dari karakteristik yang ada dalam BIM sehingga para praktisi dalam dunia konstruksi menjadi lebih sadar akan manfaat yang diperoleh (Ngowtanawan, 2017).



Gambar 6. Model Adopsi BIM (Ngowtanasawan, 2017)

Banyaknya manfaat yang diperoleh dalam tahapan peralihan seperti sekarang, implementasi BIM mendapatkan hambatan dan tantangan antara lain perlunya dana investasi (Mehran, 2016; Takyi-Annan & Zhang, 2023; Zaia et al., 2023), perlunya pelatihan khusus mengenai BIM (Chen et al., 2022), kurangnya standar dalam penggunaan BIM (Smith, 2014b), sudah terbiasa dengan cara lama (Migilinskas et al., 2013; Morlhon et al., 2014), dan kurangnya tenaga kerja ahli mengenai BIM (Lindblad & Vass, 2015; Abbas et al., 2016). Sulitnya adopsi BIM, bukan disebabkan oleh kompleksitas metodologinya, akan tetapi berbeda cara pengoperasiannya dibandingkan dengan metode tradisional (Bui et al., 2016). Biaya investasi dan implementasi yang tinggi dalam implementasi membuat "BIM tidak murah" (Mehran, 2016). Implementasi BIM merupakan tugas yang penuh tantangan dan melibatkan banyak informasi dari berbagai sumber, akan tetapi kesadaran akan membantu mengatasi tantangan dalam implementasi (Othman et al., 2021).

Pengaruh BIM

Pembahasan mengenai desain diambil review 14 jurnal yang berkaitan. Pembahasan ini berisi mengenai perkembangan teknologi BIM telah mengubah lanskap industri konstruksi secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir, yang memungkinkan perencanaan, desain, dan pelaksanaan proyek konstruksi menjadi lebih efisien dan terintegrasi (Czmoch & Pękala, 2014; Czmoch & Pękala, 2014; Jankowski et al., 2015; Mehran, 2016; Tawelian & Mickovski, 2016; Lin et al., 2018; Schimanski et al., 2021; Han et al., 2023). Pada saat ini seharusnya setiap lulusan teknik harus mengenal dan mempraktekan penggunaan BIM dalam setiap proyek konstruksi, karena penguasaan BIM akan memberikan beragam kelebihan dalam siklus hidup proyek konstruksi (Afzal & Shafiq, 2021), termasuk peningkatan mutu, penghematan waktu (Lee et al., 2015), dan pengelolaan anggaran yang lebih efisien (Castañeda et al., 2021). Penggunaan BIM tidak hanya berlaku pada tahap perancangan proyek, tetapi juga meliputi seluruh area konstruksi (Lidelöw et al., 2023), mulai dari tahap perencanaan hingga pembuatan, pemeliharaan, dan inspeksi, memastikan pengintegrasian dan koordinasi yang lebih baik di seluruh siklus hidup proyek (Gerrish et al., 2017).

Peranan BIM dalam konstruksi dan manajemen proyek

Pembahasan ini berdasarkan 9 jurnal yang telah ditinjau. Penggunaan *Building Information Modelling* (BIM) dalam manajemen dan konstruksi proyek terbukti efektif dari segala aspek. Perancangan, penjadwalan, dan komunikasi dengan sistem tradisional dalam suatu proyek seringkali memakan banyak waktu dan biaya (Emara, 2022). Namun, dengan penggunaan BIM, proses ini menjadi lebih efisien, mempercepat waktu proyek (mengurangi durasi proyek) dengan mengintegrasikan informasi yang diperlukan (Getuli et al., 2016; Tomek & Kalinichuk, 2015; BorjeGhaleh & Sardroud, 2016; Ratajczak et al., 2019; Eldeep et al., 2022). Selain itu, BIM juga membantu menurunkan tingkat kegagalan mutu dan meningkatkan capaian proyek dalam satu periode (Sampaio, 2022). Penggunaan BIM tidak hanya menguntungkan secara proyek, tetapi juga berdampak positif pada pertumbuhan ekonomi suatu negara, karena efisiensi ini mendorong produktivitas dalam sektor konstruksi (Volkov et al., 2016). Selain itu, BIM juga berfungsi sebagai sarana pencatatan laporan dan komunikasi yang lebih efektif di seluruh siklus hidup proyek, menjadikannya alat manajemen yang sangat berharga (Chandra et al., 2017). Terakhir, BIM dapat membantu mengurangi waste material dalam konstruksi, mengurangi dampak lingkungan dan biaya yang terkait dengan pembuangan limbah konstruksi (Tak et al., 2021).

Peranan BIM dalam manajemen fasilitas

Pembahasan ini berdasarkan 3 jurnal yang ditinjau. Pembahasan ini mengenai manajemen fasilitas yang menggunakan BIM sebagai dasar dalam melaksanakan manajemennya. Penggunaan BIM dalam manajemen fasilitas berbeda dengan cara tradisional yang masih banyak dilakukan. Dengan bantuan BIM, pengumpulan dan identifikasi data lebih cepat dan efisien (Wang et al., 2022). Disebabkan BIM mempunyai kelebihan interoperabilitas dengan perangkat lainnya (Bui et al., 2016; Al-Ashmori et al., 2020; Othman et al., 2021; Lidelöw et al., 2023). Penggunaan BIM saat fase operasional dan pemeliharaan dapat dibantu dengan berbagai teknologi lain, seperti analisa visual, *virtual reality*, atau RFID (Tak et al., 2021).

Peranan BIM dalam pengurangan energi dan bangunan berkelanjutan

Pembahasan ini berdasarkan 15 jurnal yang masing-masing telah dibaca dan ditinjau. Berbagai negara saat ini tengah bersaing dalam upaya mengurangi dampak rumah kaca dan emisi CO₂ yang berasal dari industri konstruksi. Dalam hal ini, *Building Information Modeling* (BIM) telah menjadi andalan dalam mengubah paradigma konstruksi menuju energi berkelanjutan (Soust-Verdaguer et al., 2020; Carvalho et al., 2021; Sacks et al., 2020; Mésároš et al., 2021; Zhao et al., 2022). BIM bukan sekadar alat konstruksi biasa; ia memiliki kemampuan unik untuk mengurangi dampak CO₂ dari proyek-proyek konstruksi dengan berbagai cara. Salah satunya adalah dengan menghitung total energi panas yang dihasilkan oleh sebuah bangunan. Melalui desain BIM, perhitungan ini menjadi lebih tepat dan efisien, yang kemudian memengaruhi penggunaan energi panas dan emisi CO₂ (Lindblad & Vass, 2015; Aladag et al., 2016; Yang et al., 2018; Hasan et al., 2019; Quinn et al., 2020; Carvalho et al., 2021).

Penggunaan BIM membawa dampak yang signifikan pada pengurangan energi panas dan emisi CO₂ melalui desain mekanikal, elektrik, dan pipa. Penerapan BIM yang berbasis *virtual reality* (VR) juga terbukti efektif dalam mengurangi waktu konsultasi dengan klien (Sestras et al., 2020). Selain itu, BIM juga digunakan untuk mensimulasikan skenario kebakaran dan menciptakan jalur evakuasi yang optimal (Steadman et al., 2020). Saat ini, pemanfaatan BIM dalam pembangunan bangunan berkelanjutan semakin mendapat perhatian dari para ahli dan industri. BIM mampu membantu menghitung jejak karbon secara akurat dan mengubah konsumsi energi suatu bangunan melalui perencanaan desain yang efisien.

Tidak dapat diabaikan bahwa BIM membawa perubahan besar dalam konsumsi energi suatu bangunan melalui perencanaan desain yang cermat (Meng et al., 2023). Penggunaan BIM secara efektif memungkinkan desain bangunan yang berkelanjutan dan meminimalkan konsumsi energi. BIM juga membantu mengurangi dampak energi panas yang diterima oleh bangunan, terutama dalam desain kaca. Selain itu, BIM berperan sebagai alat yang merekam jejak karbon secara rinci dan sangat penting dalam mendesain bangunan yang berorientasi ramah lingkungan. BIM bahkan dapat digunakan untuk menghitung kadar CO₂ dalam beton *precast* dan energi yang dihasilkan oleh material bangunan (Rahimian et al., 2020). Hal ini membuktikan bahwa BIM bukan hanya alat biasa, melainkan fondasi penting dalam upaya mengurangi dampak lingkungan dari industri konstruksi (Tulenheimo, 2015; Lee et al., 2015; Zhang et al., 2018; Soust-Verdaguer et al., 2020; Liu & Wang, 2022).

Integrasi BIM dengan Teknologi lain

Pembahasan ini berdasarkan 22 jurnal yang ditinjau oleh pembuat. Dalam perkembangan dunia konstruksi yang semakin modern, integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan berbagai teknologi lain telah menjadi kunci dalam mencapai efisiensi dan keselamatan dalam proyek-proyek konstruksi (Wang et al., 2022). Salah satu contohnya adalah penggunaan *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) atau *drone* untuk pemindaian suatu bagian bangunan yang diintegrasikan dengan aplikasi *Revit* (Zhang & Huang, 2019; Song et al., 2020; Tan et al., 2022; Cheng et al., 2022; Takyi-Annan & Zhang, 2023). Hal ini memungkinkan pembuat proyek untuk mendapatkan pemindaian yang akurat dan detil dari area yang sulit dijangkau. Selain itu, penggunaan perangkat *mobile* juga telah memberikan dampak positif dalam perkembangan dunia konstruksi dengan memungkinkan para pekerja di lapangan untuk mengakses dan memperbarui data BIM secara *real-time* melalui *smartphone* mereka (Sattineni & Schmidt, 2015). Dengan adanya penyimpanan cloud di dalam BIM juga memberikan kemudahan dalam berbagi informasi dan kolaborasi antar tim proyek (Matějka & Tomek, 2017).

Pemanfaatan teknologi modern terus memperkaya kemampuan BIM dalam dunia konstruksi. BIM dapat diimplementasikan dalam *Internet of Things* (IoT) dan *blockchain* untuk meningkatkan kontrol dan manajemen data proyek (Bañuelos & Chen, 2014). Selain itu, penggunaan sensor LiDAR yang diintegrasikan dengan BIM membantu dalam pemetaan lokasi secara akurat (Lin et al., 2018; Ugliotti et al., 2019; Tan et al., 2022; Zhang et al., 2023). BIM juga memungkinkan penggunaan drone untuk membuat ortophoto dan pemodelan 3D dari proyek konstruksi. Sensor-sensor berbagai jenis juga dapat diintegrasikan dengan BIM untuk keperluan konstruksi, sehingga memungkinkan pengawasan dan pengendalian proyek yang lebih baik (Morczinek et al., 2020; Yan et al., 2020; Tan et al., 2021). Terlebih lagi, sifat open source dari beberapa perangkat lunak BIM memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam pengembangan dan penyesuaian solusi BIM sesuai kebutuhan proyek. Dengan semua integrasi ini, BIM terus

berkembang menjadi solusi teknologi yang mendukung perkembangan konstruksi modern (Morlhon et al., 2014; Azhar, 2017; Adibfar et al., 2020; Li et al., 2021; Maskil-Leitan et al., 2020; Gupta & Nair, 2023).

5. DISKUSI

Berdasarkan analisa 101 artikel jurnal tentang BIM dan peranan BIM pada sektor konstruksi, peneliti membuat rangkuman seperti berikut:

- Dalam kurun waktu 11 tahun, penelitian mengenai BIM terus meningkat dari tahun ke tahun, dengan pembahasan mulai dari implementasi BIM, tingkatan adopsi BIM, peranan BIM dalam setiap fase konstruksi, teknologi lain yang dapat diintegrasikan dengan BIM, dan keberlanjutan (*sustainability*) dari penggunaan BIM.
- Pada saat ini terdapat banyak sekali teknologi yang dapat dipadukan dengan BIM dalam keperluan konstruksi seperti penggunaan *drone* dalam kegiatan pemetaan (Cheng et al., 2022), perhitungan *carbon footprint* suatu bangunan (Rahimian et al., 2020), bahkan penggunaan sensor untuk kegiatan pengawasan dalam lapangan kerja (Tan et al., 2021).
- Penelitian mengenai peranan BIM dalam manajemen fasilitas masih sangat rendah dengan hanya dapat ditinjau 3 jurnal. Ini perlu dilakukan penelitian lebih banyak agar peranan BIM tidak hanya sampai konstruksi dan aset selesai dibangun, akan tetapi dapat berkelanjutan terus hingga akhir masa pakai aset. Manajemen fasilitas secara tradisional disebut sebagai bukan inti dari sektor konstruksi, hanya fokus pada layanan pembantu dengan tidak memiliki nilai bisnis (Fernández-Mora et al., 2022).
- Pembahasan BIM dan peranan BIM kebanyakan lebih masih membahas implementasi BIM dan integrasi BIM dengan teknologi lain. Pembahasan implementasi masih banyak dilakukan karena banyak negara yang belum sadar dengan manfaat BIM (*BIM awareness*).

6. KESIMPULAN

Dari pembahasan tentang BIM dan peranan BIM pada sektor konstruksi, perlu dipahami akan manfaat yang banyak dan manfaat jangka panjang dari implementasi BIM. Manfaat yang akan didapat dari BIM perlu dipelajari semua pihak yang terlibat dalam kegiatan konstruksi. Dengan pemahaman akan manfaat, maka akan menimbulkan kesadaran akan BIM (*BIM awareness*). Setelah seluruh pihak BIM awereness, implementasi BIM selangkah lebih mudah.

Hendaknya dilakukan suatu revolusi sistem kerja agar dapat mengikuti perkembangan teknologi. Suatu perubahan cara kerja di masa sekarang, akan mempengaruhi cara kerja di masa mendatang, jika tidak dimulai dari sekarang, tidak ada akan perkembangan nantinya. Sebagai generasi sekarang maupun yang akan datang seharusnya mampu belajar, menguasai dan mengimplementasikan penggunaan BIM dalam kegiatan konstruksi sehari-hari. Perkembangan industri konstruksi sudah masuk pada teknologi digital, seluruh aktivitas memiliki energi yang dapat dihitung bertujuan untuk efektifitas dan efisiensi energi dan mendukung dalam konstruksi yang *sustainability*.

Dengan meningkatnya motivasi akan adopsi BIM, pemerintah dapat membantu memfasilitasi dengan membuat standar-standar agar memiliki kesamaan prosedur dalam menggunakan BIM baik pihak lokal ataupun pihak asing yang turut ikut dalam suatu proyek konstruksi. Standar-standar yang dibentuk mempermudah para akademis dalam menyusun suatu kurikulum yang akan digunakan sebagai bekal saat ikut berpartisipasi dalam suatu kegiatan konstruksi.

Semua kekhawatiran dari berbagai pihak merupakan suatu bentuk ketidakinginan melakukan perubahan karena resiko-resiko yang akan diterima dalam jangka pendek. BIM memberikan manfaat jangka panjang seperti teknologi komunikasi saat ini yang mudah dilakukan kapan saja dan dimana saja, serta mudah digunakan. Seluruh perubahan membutuhkan waktu, tetapi harus didukung sumber daya manusia yang berkeinginan untuk belajar akan teknologi terbaru dalam industri konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A., Din, Z. U., & Farooqui, R. (2016). Integration of BIM in construction management education: an overview of Pakistani Engineering universities. *Procedia Engineering*, 145, 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.034>
- Adibfar, A., Costin, A., & Issa, R. R. (2020). Design copyright in architecture, engineering, and construction industry: Review of history, pitfalls, and lessons learned. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 12(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000421](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000421)
- Afzal, M., & Shafiq, M. T. (2021). Evaluating 4D-BIM and VR for effective safety communication and training: a case study of multilingual construction job-site crew. *Buildings*, 11(8), 319. <https://doi.org/10.3390/buildings11080319>

- Al-Ashmori, Y. Y., Othman, I., Rahmawati, Y., Amran, Y. M., Sabah, S. A., Rafindadi, A. D. U., & Mikić, M. (2020). BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 1013-1019.
- Aladag, H., Demirdögen, G., & Isık, Z. (2016). Building Information Modeling (BIM) use in Turkish construction industry. *Procedia Engineering*, 161, 174–179. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.520>
- Azhar, S. (2017). Role of visualization technologies in safety planning and management at construction jobsites. *Procedia Engineering*, 171, 215–226. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.329>
- Blanco, F. G. B., & Chen, H. (2014). The implementation of Building Information Modelling in the United Kingdom by the transport industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 138, 510–520. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.232>
- BorjeGhaleh, R. M., & Sardroud, J. M. (2016). Approaching industrialization of buildings and integrated construction using Building Information Modeling. *Procedia Engineering*, 164, 534–541. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.655>
- Boton, C., Kubicki, S., & Halin, G. (2015). The challenge of level of development in 4D/BIM simulation across AEC project lifecycle a case study. *Procedia Engineering*, 123, 59–67.
- Bui, N., Merschbrock, C., & Munkvold, B. E. (2016). A review of Building Information Modelling for construction in developing countries. *Procedia Engineering*, 164, 487–494. Sciencedirect. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.649>
- Carvalho, J. P., Villaschi, F. S., & Bragança, L. (2021). Assessing life cycle environmental and economic impacts of building construction solutions with BIM. *Sustainability*, 13(16), 8914. <https://doi.org/10.3390/su13168914>
- Carvalho, J., Almeida, M., Bragança, L., & Mateus, R. (2021). BIM-Based energy analysis and sustainability assessment—application to Portuguese buildings. *Buildings*, 11(6), 246. <https://doi.org/10.3390/buildings11060246>
- Castañeda, K., Sánchez, O., Herrera, R. F., Pellicer, E., & Porras, H. (2021). BIM-based traffic analysis and simulation at road intersection design. *Automation in Construction*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103911>
- Chandra, H. P., Nugraha, P., & Putra, E. S. (2017). Building Information Modeling in the architecture-engineering construction project in Surabaya. *Procedia Engineering*, 171, 348–353. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.343>
- Chen, Y., Cai, X., Li, J., Zhang, W., & Liu, Z. (2022). The values and barriers of Building Information Modeling (BIM) implementation combination evaluation in smart building energy and efficiency. *Energy Reports*, 8, 96–111. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.03.075>
- Cheng, B., Lu, K., Li, J., Chen, H., Luo, X., & Shafique, M. (2022). Comprehensive assessment of embodied environmental impacts of buildings using normalized environmental impact factors. *Journal of Cleaner Production*, 334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130083>
- Czmoch, I., & Kala, A. (2014). Traditional design versus BIM based design. *Procedia Engineering*, 91, 210–215. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.048>
- Dorozhkina, E. (2022). Features of interaction of participants in the construction of transport infrastructure facilities at the stage of implementing BIM technologies. *Transportation Research Procedia*, 63, 2703–2709. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.312>
- Eldeep, Ahmed. M., Farag, Moataz. A. M., & El-hafez, L. M. A. (2021). Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.009>
- Fernández-Mora, V., Navarro, I. J., & Yepes, V. (2022). Integration of the structural project into the BIM paradigm: A literature review. *Journal of Building Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104318>
- Gerrish, T., Ruikar, K., Cook, M., Johnson, M., Phillip, M., & Lowry, C. (2017). BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential. *Energy and Buildings*, 144, 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.032>
- Getuli, V., Ventura, S. M., Capone, P., & Ciribini, A. L. (2016). A BIM-based construction supply chain framework for monitoring progress and coordination of site activities. *Procedia Engineering*, 164, 542–549. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.656>
- Gupta, S., & Nair, S. (2023). A review of the emerging role of UAVs in construction site safety monitoring. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.135>
- Hallén, K. O., Forsman, M., & Eriksson, A. (2023). Interactions between human, technology and organization in Building Information Modelling (BIM) - A scoping review of critical factors for the individual user. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2023.103480>
- Hasan, A. M. M., Torky, A. A., & Rashed, Y. F. (2019). Geometrically accurate structural analysis models in BIM-centered software. *Automation in Construction*, 104, 299–321. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.04.022>
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.058>

- Jankowski, B., Prokocki, J., & Krzemiński, M. (2015). Functional assessment of BIM methodology based on implementation in design and construction company. *Procedia Engineering*, 111, 351–355. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.100>
- Jiang, F., Ma, L., Broyd, T., Chen, K., Luo, H., & Du, M. (2022). Building demolition estimation in urban road widening projects using as-is BIM models. *Automation in Construction*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104601>
- Lee, S., Tae, S., Roh, S., & Kim, T. (2015). Green template for life cycle assessment of buildings based on building information modeling: focus on embodied environmental impact. *Sustainability*, 7(12), 16498–16512. <https://doi.org/10.3390/su71215830>
- Li, X. J., Lai, J., Ma, C., & Wang, C. (2021). Using BIM to research carbon footprint during the materialization phase of prefabricated concrete buildings: A China study. *Journal of Cleaner Production*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123454>
- Lidelöw, S., Engström, S., & Samuelson, O. (2023). The promise of BIM? Searching for realized benefits in the Nordic architecture, engineering, construction, and operation industries. *Journal of Building Engineering*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107067>
- Lin, Y. C., Chen, Y. P., Yien, H. W., Huang, C. Y., & Su, Y. C. (2018). Integrated BIM, game engine and VR technologies for healthcare design: A case study in cancer hospital. *Advanced Engineering Informatics*, 36, 130–145. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.03.005>
- Lindblad, H., & Vass, S. (2015). BIM implementation and organisational change: A case study of a large Swedish public client. *Procedia Economics and Finance*, 21, 178–184. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00165-3](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00165-3)
- Liu, Q., & Wang, Z. (2022). Green BIM-based study on the green performance of university buildings in northern China. *Energy, Sustainability and Society*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00341-9>
- Maskil-Leitan, R., Gurevich, U., & Reychav, I. (2020). BIM Management Measure for an Effective Green Building Project. *Buildings*, 10(9), 147. <https://doi.org/10.3390/buildings10090147>
- Matějka, P., & Tomek, A. (2017). Ontology of BIM in a construction project life cycle. *Procedia Engineering*, 196, 1080–1087. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.065>
- Mehran, D. (2016). exploring the adoption of BIM in the UAE construction industry for AEC firms. *Procedia Engineering*, 145, 1110–1118. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.144>
- Meng, H., Yang, X., Gao, L., & Wang, C. (2023). Research on railway BIM platform framework based on homemade graphics engine. *High-Speed Railway*, 1(3), 204–210. <https://doi.org/10.1016/j.hspr.2023.08.001>
- Mésároš, P., Spišáková, M., Mandičák, T., Čabala, J., & Oravec, M. M. (2021). Adaptive design of formworks for building renovation considering the sustainability of construction in BIM environment—case study. *Sustainability*, 13(2), 799. <https://doi.org/10.3390/su13020799>
- Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). The Benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation. *Procedia Engineering*, 57, 767–774. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.097>
- Morcinek, D., Hemann, G., & Kersnowski, A. (2020). Artificial Intelligence combined with UAVs is set to increase drafting efficiency in engineering and surveying. *International Conference on Transportation and Development 2020*. <https://doi.org/10.1061/9780784483138.006>
- Morlhon, R., Pellerin, R., & Bourgault, M. (2014). Building Information Modeling implementation through maturity evaluation and critical success factors management. *Procedia Technology*, 16, 1126–1134. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.127>
- National BIM Standard-United States® V3 | National BIM Standard - United States. (n.d.). www.nationalbimstandard.org. <https://www.nationalbimstandard.org/nbims-us-v3>
- Ngowtanasawan, G. (2017). A causal model of BIM adoption in the Thai architectural and engineering design industry. *Procedia Engineering*, 180, 793–803. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.240>
- Othman, I., Al-Ashmori, Y. Y., Rahmawati, Y., Amran, Y. H. M., & Al-Bared, M. A. M. (2020). The level of Building Information Modelling (BIM) implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.007>
- Pavlovskis, M., Migilinskas, D., Antuchevičienė, J., Urba, I., & Zigmund, V. (2017). Problems in reconstruction projects, BIM uses and decision-making: Lithuanian case studies. *Procedia Engineering*, 208, 125–128. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.11.029>
- Quinn, C., Shabestari, A. Z., Misic, T., Gilani, S., Litoiu, M., & McArthur, J. J. (2020). Building automation system - BIM integration using a linked data structure. *Automation in Construction*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103257>
- Rahimian, F. P., Seyedzadeh, S., Oliver, S., Rodriguez, S., & Dawood, N. (2020). On-demand monitoring of construction projects through a game-like hybrid application of BIM and machine learning. *Automation in Construction*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103012>

- Ratajczak, J., Riedl, M., & Matt, D. T. (2019). BIM-based and AR application combined with location-based management system for the improvement of the construction performance. *Buildings*, 9(5), 118. <https://doi.org/10.3390/buildings9050118>
- Sacks, R., Girolami, M., & Brilakis, I. (2020). Building information modelling, artificial intelligence and construction tech. *Developments in the Built Environment*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100011>
- Sampaio, A. Z. (2022). Project management in office: BIM implementation. *Procedia Computer Science*, 196, 840–847. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.083>
- Sampaio, A. Z. (2023). BIM training course improving skills of construction industry professionals. *Procedia Computer Science*, 219, 2035–2042. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.505>
- Sattineni, A., & Schmidt, T. (2015). Implementation of mobile devices on jobsites in the construction industry. *Procedia Engineering*, 123, 488–495. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.100>
- Schimanski, C. P., Pradhan, N. L., Chaltsev, D., Monizza, G. P., & Matt, D. T. (2021). Integrating BIM with lean construction approach: functional requirements and production management software. *Automation in Construction*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103969>
- Sestras, P., Roşca, S., Bilaşco, Ş., Naş, S., Buru, S. M., Kovacs, L., Spalević, V., & Sestras, A. F. (2020). Feasibility assessments using unmanned aerial vehicle technology in heritage buildings: Rehabilitation-restoration, Spatial Analysis and Tourism Potential Analysis. *Sensors*, 20(7). <https://doi.org/10.3390/s20072054>
- Shaour, E. N. (2021). The role of implementing BIM applications in enhancing project management knowledge areas in Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(1). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.05.023>
- Smith, P. (2014). BIM implementation – global strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482–492. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.575>
- Song, C., Wang, K., & Chin, J. (2020). BIM-Aided Scanning Path Planning for Autonomous Surveillance UAVs with LiDAR. *Proceedings of the ISARC*. <https://doi.org/10.22260/isarc2020/0164>
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., & Moya, L. (2020). Comparative BIM-based life cycle assessment of Uruguayan timber and concrete-masonry single-family houses in design stage. *Journal of Cleaner Production*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121958>
- Steadman, P., Evans, S., Liddiard, R., Godoy-Shimizu, D., Ruyssevelt, P., & Humphrey, D. (2020). Building stock energy modelling in the UK: the 3DStock method and the London Building Stock Model. *Buildings and Cities*, 1(1), 100–119. <https://doi.org/10.5334/bc.52>
- Syamimi, A., Gong, Y., & Liew, R. (2020). VR industrial applications—A Singapore perspective. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2(5), 409–420. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2020.06.001>
- Tak, A. N., Taghaddos, H., Mousaei, A., Bolourani, A., & Hermann, U. (2021). BIM-based 4D mobile crane simulation and onsite operation management. *Automation in Construction*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103766>
- Takim, R., Harris, M., & Nawawi, A. H. (2013). Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for quality of life within architectural, engineering and construction (AEC) industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 101, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.175>
- Takyi-Annan, G. E., & Hong, Z. (2023). A bibliometric analysis of building information modelling implementation barriers in the developing world using an interpretive structural modelling approach. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18601>
- Tan, Y., Li, G., Cai, R., Ma, J., & Wang, M. (2022). Mapping and modelling defect data from UAV captured images to BIM for building external wall inspection. *Automation in Construction*, 139, 104284.
- Tan, Y., Li, S., Liu, H., Chen, P., & Zhou, Z. (2021). Automatic inspection data collection of building surface based on BIM and UAV. *Automation in Construction*, 131, 103881.
- Tawelian, L. R., & Mickovski, S. B. (2016). The implementation of geotechnical data into the BIM process. *Procedia Engineering*, 143, 734-741.
- Tomek, R., & Kalinichuk, S. (2015). Agile PM and BIM: A hybrid scheduling approach for a technological construction project. *Procedia Engineering*, 123, 557–564. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.108>
- Tulenheimo, R. (2015). Challenges of implementing new technologies in the world of BIM – case study from construction engineering industry in Finland. *Procedia Economics and Finance*, 21, 469–477. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00201-4](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00201-4)
- Ugliotti, F. M., Osello, A., Rizzo, C., & Muratore, L. (2019). BIM-based structural survey design. *Procedia Structural Integrity*, 18, 809–815. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.08.230>
- Volkov, A., Chelyshkov, P., & Lysenko, D. (2016). Information management in the application of BIM in construction. Stages of Construction. *Procedia Engineering*, 153, 833–837. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.251>
- Wang, T., Ali, A. S., & Au-Yong, C. P. (2022). Exploring a body of knowledge for promoting the building information model for facility management. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101717>

- Wang, Y. G., He, X. J., He, J., & Fan, C. (2022). Virtual trial assembly of steel structure based on BIM platform. *Automation in Construction*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104395>
- Yan, F., Hu, Y., Jia, J., Ai, Z., Tang, K., Shi, Z., & Liu, X. (2020). Interactive WebVR visualization for online fire evacuation training. *Multimedia Tools and Applications*, 79(41-42), 31541–31565. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-08863-0>
- Yang, X., Hu, M., Wu, J., & Zhao, B. (2018). Building-information-modeling enabled life cycle assessment, a case study on carbon footprint accounting for a residential building in China. *Journal of Cleaner Production*, 183, 729–743. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.070>
- Zaia, Y. Y., Adam, S. M., & Abdulrahman, F. H. (2022). Investigating BIM level in Iraqi construction industry. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(3). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101881>
- Zhang, C., & Huang, H. (2019, June). As-built bim updating based on image processing and artificial intelligence. In *ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering 2019* (pp. 9-16). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Zhang, C., Nizam, R. S., & Tian, L. (2018). BIM-based investigation of total energy consumption in delivering building products. *Advanced Engineering Informatics*, 38, 370-380.
- Zhang, C., Wang, F., Zou, Y., Dimyadi, J., Guo, B. H., & Hou, L. (2023). Automated UAV image-to-BIM registration for building façade inspection using improved generalised Hough transform. *Automation in Construction*, 153, 104957.
- Zhao, L., Zhang, W., & Wang, W. (2022). BIM-based multi-objective optimization of low-carbon and energy-saving buildings. *Sustainability*, 14(20), 13064.