



TINJAUAN MENDALAM TENTANG TEKNOLOGI BIM: KEUNGGULAN, TANTANGAN, DAN PELUANG DIMASA DEPAN

LITERATURE REVIEW OF BIM TECHNOLOGY: ADVANTAGES, CHALLENGES, AND FUTURE OPPORTUNITIES

Adellia Hasanah Putri¹, Anisah², Santoso Sri Handoyo³

^{1,2,3}Program Studi S1 Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

*Corresponding Author: adelliahasanahputri_1503618055@mhs.unj.ac.id

ABSTRACT

This study is a literature review that aims to explore the advantages, challenges, and future opportunities related to Building Information Modelling (BIM) technology. The research adopts a qualitative research method by conducting literature study and descriptive analysis. The researcher gathered several relevant studies and analyzed the recent developments in the use of BIM technology, outlining the advantages, identifying adoption challenges, and uncovering the potential or future opportunities of BIM. The research findings indicate several important advantages offered by BIM technology, including: (1) BIM enables more effective collaboration among stakeholders in construction projects; (2) BIM provides better visualization capabilities, allowing professionals to realistically visualize and analyze projects before physical implementation; (3) BIM can optimize planning, reduce clashes, and accelerate the construction process; (4) BIM can facilitate easy access to updated building data and support smarter maintenance decisions. In addition, there are challenges that need to be overcome in using BIM technology, such as: (1) The need for appropriate education and training to prepare the construction workforce to master the use of BIM; (2) The need for good interoperability to ensure smooth data sharing among various platforms; (3) The difficulty of widespread BIM adoption across the construction industry, particularly for small projects and less-trained project owners. Despite these challenges, there are promising opportunities for BIM technology in the future. One significant opportunity is the development of new innovations in BIM utilization, such as integration with artificial intelligence, virtual reality, or sensor technologies. Furthermore, BIM can be applied in facility management to maximize building efficiency and performance throughout the construction project lifecycle.

Keyword: Adoption, Advantages, BIM, Challenges, Technology.

ABSTRAK

Penelitian ini adalah tinjauan mendalam yang memiliki tujuan untuk menggali keunggulan, tantangan, dan peluang yang terkait dengan teknologi *Building Information Modelling* (BIM) dimasa depan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan melakukan studi literatur dan analisis deskriptif. Peneliti mengumpulkan beberapa penelitian relevan dan melakukan analisis perkembangan terkini dalam penggunaan teknologi BIM, menguraikan keunggulan, mengidentifikasi tantangan adopsi, dan mengungkap potensi atau peluang BIM dimasa depan. Hasil penelitian menunjukkan beberapa keunggulan penting yang ditawarkan oleh teknologi BIM, diantaranya; (1) BIM memungkinkan kolaborasi yang lebih efektif antara para pemangku kepentingan proyek konstruksi; (2) BIM memberikan kemampuan visualisasi yang lebih baik, memungkinkan para profesional untuk secara realistis memvisualisasikan dan menganalisis proyek sebelum pelaksanaan fisiknya; (3) BIM dapat mengoptimalkan perencanaan, mengurangi tumpang tindih, dan mempercepat proses pembangunan; (4) BIM dapat memfasilitasi akses mudah ke data bangunan yang diperbarui dan mendukung keputusan pemeliharaan yang lebih cerdas. Selain itu, tantangan yang perlu diatasi dalam menggunakan teknologi BIM,



diantaranya; (1) Kebutuhan pendidikan dan pelatihan yang tepat untuk mempersiapkan tenaga kerja dalam industri konstruksi agar dapat menguasai penggunaan BIM; (2) Perlu adanya interoperabilitas yang baik agar data dapat berbagi dengan lancar di antara berbagai platform; (3) Kesulitan dalam mengadopsi BIM secara menyeluruh di seluruh sektor industri konstruksi, terutama untuk proyek-proyek kecil dan pemilik proyek yang kurang terlatih. Meskipun tantangan tersebut ada, terdapat peluang yang menjanjikan di masa depan untuk teknologi BIM. Salah satu peluang yang signifikan adalah pengembangan inovasi baru dalam penggunaan BIM, seperti integrasi dengan kecerdasan buatan, realitas virtual, atau teknologi sensor. Selanjutnya, BIM dapat diterapkan dalam manajemen fasilitas untuk memaksimalkan efisiensi dan kinerja bangunan selama siklus proyek konstruksi.

Kata Kunci: Adopsi, BIM, Keunggulan, Tantangan, Teknologi.

PENDAHULUAN

Revolusi industri 4.0 mendorong perubahan diberbagai sektor. Salah satu sektor yang telah mengalami transformasi adalah disektor industri *Architecture, Engineering and Construction* (AEC) dalam pemanfaatan teknologi informasi. Dimulai dengan sistem *Computer-Aided Design* (CAD) yang memungkinkan proses pemulan sampai tiga dimensi tanpa mengelola informasi non-grafis serta informasi lain tentang bangunan, muncul *Building Information Modeling* (BIM) yang dapat mengintegrasikan teknologi informasi ke dalam grafik dan model bangunan sebagai solusi yang tidak terelakkan (Kong et al., 2020).

Definisi *Building Information Modeling* (BIM) menurut *The United States National Institute of Building Sciences* (NIBS) adalah representasi digital berisi informasi lengkap tentang karakteristik fisik dan fungsional suatu konstruksi yang dapat diandalkan sebagai pengambilan keputusan sepanjang siklus hidup suatu

konstruksi, mulai dari perencanaan hingga pembongkaran (Liu et al., 2019). Dasar pemikiran teknologi *Building Information Modeling* (BIM) adalah kolaborasi untuk semua pemangku kepentingan dalam seluruh tahap siklus implementasinya, mulai dari entri data, mengekstrak, dan memodifikasi informasi dalam *Building Information Modeling* (BIM) yang dapat membantu setiap peran para pemangku kepentingan tersebut (Mieslenna & Wibowo, 2019). Terdapat empat tahapan utama yang mendefinisikan tingkat atau proses pengembangan *Building Information Modeling* (BIM), yaitu tahap konvensional (level 0), tahap pemodelan berbasis desain (level 1), tahap pemodelan berbasis kolaborasi (level 2), dan tahap pemodelan berbasis integrasi (level 3)(Othman et al., 2021). *Building Information Modeling* (BIM) memiliki istilah N-dimensi yang menunjukkan output atau informasi yang ada dalam hasil pemodelan konstruksi, diantaranya; (1) 3D berisi informasi tinggi, panjang, dan lebar;



(2) 4D, yaitu hasil 3D ditambah informasi waktu; (3) 5D, yaitu hasil 4D ditambah informasi estimasi biaya; (4) 6D, yaitu hasil 5D ditambah fokus keberlanjutan proyek; (5) 7D, yaitu hasil 6D dengan manajemen fasilitas selama siklus hidup dari proyek (Mieslenna & Wibowo, 2019).

Konsep *Building Information Modeling* (BIM) sudah sejak tahun 1970-an oleh Prof. Charles Eastmen di *Georgia Tech Sch Architecture*, tetapi istilahnya muncul pertama kali didalam artikel ditahun 1992 oleh GA Van Nederveen dan FP Tolman (Aryani et al., 2014; Laorent et al., 2019). *Building Information Modeling* (BIM) baru mulai mendapatkan banyak perhatian setelah rilisnya artikel “*Building Information Modeling*” oleh Autodesk pada tahun 2002 (Heryanto et al., 2020). Tingkat atau persentase adopsi *Building Information Modeling* (BIM) sejak dulu berbeda-beda disetiap negara. Di Amerika Serikat adopsi *software Building Information Modeling* (BIM) mulai diterapkan sejak tahun 2003 dan mengalami perkembangan pesat disektor industri konstruksi tahun 2007 (Fakhrudin et al., 2019). Di Asia tahun 2008, Singapura menjadi negara pertama yang mengadopsi *Building Information Modeling* (BIM) dan menjadi negara pertama yang mewajibkan penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) *e-submission* (Mehran, 2016). Pada tahun 2010 negara Asia seperti

Cina, Korea Selatan, Vietnam, dan Malaysia juga mulai menerapkan *Building Information Modeling* (BIM). Sedangkan di Indonesia *Building Information Modeling* (BIM) mulai diadopsi pada tahun 2012 dan pertama kali didokumentasikan dalam artikel ditahun 2013 oleh Sidjabat H R, Tambun R L, dan Tambunan R (Telaga, 2018).

Transformasi *Building Information Modeling* (BIM) memiliki manfaat yang membawa perubahan signifikan dalam pelaksanaan proyek konstruksi dan pengembangan infrastruktur dalam merencanakan, mendesain, membangun, dan mengelola proyek konstruksi. Namun selain kelebihan yang dimiliki, tentunya adopsi *Building Information Modeling* (BIM) juga dihadapkan pada tantangan atau hambatan yang harus dihadapi. Jika dibandingkan dengan negara lainnya, perkembangan adopsi *Building Information Modeling* (BIM) di Indonesia lebih lambat dan terbatas (Setiawan, 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hatmoko, dkk. tahun 2019 menunjukkan 12 dari 20 (60%) perusahaan penyedia jasa konstruksi terdiri dari 2 konsultan, 6 kontraktor, dan 4 pemilik yang telah mengadopsi *Building Information Modeling* (BIM) secara penuh atau sebagian dalam operasionalnya (Hatmoko et al., 2019). Dalam penelitian yang dilakukan Van Roy dan Firdaus tahun 2020 menunjukkan lebih dari 60%



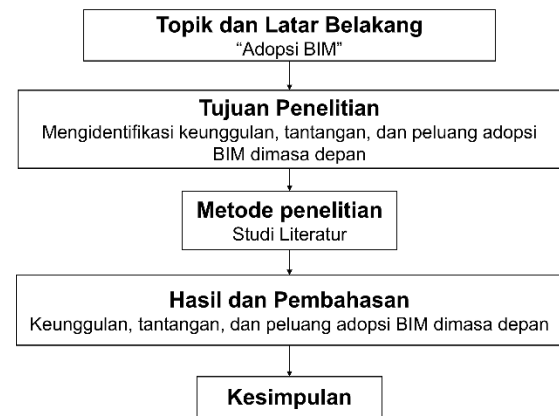
perusahaan jasa konstruksi tidak dapat menjelaskan *Building Information Modeling* (BIM) dengan baik dan hanya 2% yang memiliki pengetahuan tentang *Building Information Modeling* (BIM) dengan benar (Van Roy & Firdaus, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, maka peneliti bertujuan untuk melakukan tinjauan mendalam tentang teknologi *Building Information Modeling* (BIM) dengan judul “Tinjauan Mendalam Tentang Teknologi BIM: Keunggulan, Tantangan, Dan Peluang Dimasa Depan”. Artikel ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi para profesional, perusahaan swasta, dan seluruh pemangku kepentingan di industri konstruksi tentang keunggulan, tantangan, peluang implementasi *Building Information Modeling* (BIM) dimasa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan studi literatur atau tinjauan kepustakaan. Analisis dilakukan secara deskriptif dan dibahas secara tematis untuk mengidentifikasi keunggulan *Building Information Modeling* (BIM), tantangan adopsi *Building Information Modeling* (BIM), dan peluang teknologi *Building Information Modeling*

(BIM) kedepan di industri konstruksi. Berikut ini rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian:



Gambar 1. Rancangan penelitian

Sumber literatur yang digunakan adalah artikel tentang *Building Information Modeling* (BIM) publikasi nasional dan internasional dari tahun 2019 sampai 2023 dalam basis data *publish or perish*. Penelusuran menggunakan *keyword* “*Building Information Modeling*”, “BIM”, “BIM *benefits*”, “BIM *challenges*”, “BIM *in the future*”, dan “BIM *opportunities in the future*”.

HASIL PENELITIAN

Berikut ini 50 sumber literatur yang digunakan untuk dianalisis tentang keunggulan, tantangan, dan peluang dari teknologi *Building Information Modeling* (BIM).



Tabel 1. Hasil Studi Literatur Keunggulan, Hambatan, Peluang BIM dimasa depan

No.	Judul	Referensi	Pembahasan
[1]	<i>Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong</i>	(Chan et al., 2019)	Mengidentifikasi manfaat dan hambatan implementasi BIM di Industri konstruksi Hongkong.
[2]	<i>Problems And Benefits of Implementing BIM In The Construction Industry</i>	(Iushkin et al., 2022)	Melakukan analisis faktor-faktor yang mempengaruhi implementasi BIM.
[3]	<i>Exploring The Status, Benefits, Barriers and Opportunities of Using BIM for Advancing Prefabrication Practice</i>	(Mostafa et al., 2020)	Mengidentifikasi peluang dan hambatan integrasi BIM di industri prefabrikasi Australia.
[4]	Mengeksplorasi Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada Industri Konstruksi Indonesia dari Perspektif Pengguna	(Mieslenna & Wibowo, 2019)	Mengeksplorasi penerapan BIM di Indonesia dari perspektif penggunanya.
[5]	<i>Early Stage Energy Refurbishment Assessment Tool for Buildings Using High-End BIM Data: Benefits and Challenges</i>	(Shemeikka et al., 2020)	Menjelaskan tools BIMEaser (BIM <i>Early Stage Energy Scenario tool</i>) dan membandingkannya dengan Persyaratan Proyek Pemilik (OPR).
[6]	<i>Benefits of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Infrastructure Projects</i>	(Samimpay & Saghatforoush, 2020)	Mengidentifikasi dan mengklasifikasikan manfaat adopsi BIM dalam proyek infrastruktur.
[7]	<i>BIM adoption model for small and medium construction organisations in Australia</i>	(Hong et al., 2019)	Mengkaji model implementasi BIM pada kontraktor kecil dan menengah serta menilai manfaat dan tantangan implementasi BIM.
[8]	Tingkat Implementasi dan Hambatan Adopsi <i>Building Information Modeling</i> pada Pelaku Proyek Konstruksi di Bali	(Megapathi et al., 2021)	Melakukan penelitian tingkat penguasaan BIM serta melakukan identifikasi hambatan adopsi BIM yang dominan, terutama pada proyek konstruksi di Bali.
[9]	Analisa Faktor Penghambat Penerapan <i>Building Information</i>	(Hutama & Sekarsari, 2019)	Mencari faktor penghambat utama dalam penerapan BIM pada proyek konstruksi.



No.	Judul	Referensi	Pembahasan
	<i>Modeling Dalam Proyek Konstruksi</i>		
[10]	Faktor yang Mempengaruhi Penerapan <i>Building Information Modeling</i> (BIM) dalam Tahapan Pra Konstruksi Gedung Bertingkat	(Nelson & Sekarsari, 2019)	Mencari faktor penghambat dan pendukung adopsi BIM pada perusahaan kontraktor yang sudah mengimplementasi BIM.
[11]	<i>Integration of facility management and building information modeling (BIM): A review of key issues and challenges</i>	(Dixit et al., 2019)	Menginvestigasi faktor-faktor yang menghambat integrasi <i>facilities management</i> (FM) untuk teknologi BIM.
[12]	<i>Adopting Building Information Modeling (BIM) for the Development of Smart Buildings: A Review of Enabling Applications and Challenges</i>	(Yang et al., 2021)	Mengulas artikel tentang aplikasi BIM untuk <i>smart building</i> dari tahun 1996-2020 dan memberikan pemahaman tentang hubungan BIM dengan <i>smart building</i> .
[13]	<i>Practical approach for paving the way to motivate BIM non-users to adopt BIM</i>	(Elhendawi et al., 2019)	Mengeksplorasi persepsi pemangku kepentingan tentang manfaat BIM dan hambatan adopsi BIM.
[14]	<i>Challenges of Building Information Modelling (BIM) from the Malaysian Architect's Perspective</i>	(Jamal et al., 2019)	Menyelidiki tantangan atau hambatan utama implementasi BIM tahun 2019 pada arsitek di tingkat manajemen dan operasional proyek.
[15]	<i>BIM Adoption in the Cambodian Construction Industry: Key Drivers and Barriers</i>	(Durdyev et al., 2021)	Menyelidiki pendorong utama dan hambatan adopsi BIM pada kontraktor dan arsitek yang terdaftar pada asosiasi perdagangan dan profesi masing-masing.
[16]	<i>An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects</i>	(Georgiadou, 2019)	Mengkaji tentang ruang lingkup, nilai, dan implikasi praktis implementasi BIM dalam praktik konstruksi di Inggris.
[17]	Perancangan Detail Engineering Design Gedung Bertingkat Berbasis <i>Building Information Modeling</i> (Studi Kasus: Asrama Institut Teknologi Sumatera)	(Yudi et al., 2020)	Meninjau keuntungan dimensi BIM dan keefisienan perancangan DED gedung bertingkat yang didasarkan pada BIM dibandingkan dengan metode konvensional



No.	Judul	Referensi	Pembahasan
[18]	Faktor-faktor Penghambat Penerapan Teknologi <i>Building Information Modelling</i> Pada Tahap Perencanaan Proyek Jalan Tol	(Haidar & Suroso, 2023)	Menyelidiki faktor-faktor yang menghambat proses implementasi BIM dalam tahap perencanaan proyek jalan tol.
[19]	<i>An Overview of BIM Adoption in The Construction Industry: Benefits and Barriers</i>	(Ullah et al., 2019)	Mengidentifikasi manfaat BIM melalui fase siklus hidup bangunan dan mengeksplorasi tingkat adopsi BIM di industri konstruksi di berbagai negara.
[20]	<i>BIM adoption across the Chinese AEC industries: An extended BIM adoption model</i>	(Herr & Fischer, 2019)	Mengkaji tantangan adopsi BIM yang dihadapi secara khusus di industri konstruksi China di bidang arsitektur, teknik, dan konstruksi.
[21]	<i>Investigating The Barriers to Building Information modeling (BIM) Implementation Within The Nigerian Construction Industry</i>	(Olanrewaju et al., 2020)	Mengidentifikasi dan menilai persepsi para profesional konstruksi tentang hambatan implementasi building information modeling (BIM) dalam industri konstruksi Nigeria.
[22]	<i>Building Information Modelling in Indonesia: Knowledge, Implementation and Barriers</i>	(Van Roy & Firdaus, 2020)	Mengidentifikasi status praktisi industri konstruksi di Indonesia dari segi pengetahuan dan praktik terkini serta hambatan penerapan <i>Building Information Modelling</i> (BIM).
[23]	<i>A BIM approach for construction safety: applications, barriers and solutions</i>	(Marefat et al., 2019)	Mengevaluasi pengaruh building information model (BIM) terhadap proyek keselamatan dan hambatan adopsi pada perusahaan di bidang konstruksi.
[24]	<i>Building Information Modeling for Facilities Management: A Literature Review and Future Research Directions</i>	(Matarneh et al., 2019)	Meninjau status implementasi BIM saat ini di FM dengan fokus pertukaran informasi dan interoperabilitasnya.
[25]	<i>The Application of BIM Technology in the Cost Management of the Whole Process of Construction Projects</i>	(Ji & Chen, 2020)	Mengkaji manajemen biaya dalam proyek konstruksi yang menggunakan BIM.



No.	Judul	Referensi	Pembahasan
[26]	<i>Enterprise BIM: A Holistic Approach to the Future of Smart Buildings</i>	(Evjen et al., 2020)	Mengkaji Enterprise BIM (EBIM) dalam mengoptimalkan dan meningkatkan manajemen bisnis dalam berbagai fase dari siklus hidup bangunan.
[27]	<i>BIM, Machine Learning and Computer Vision Techniques in Underground Construction: Current Status and Future Perspectives</i>	(Huang et al., 2021)	Mengidentifikasi perkembangan dan masa depan BIM bersama teknologi terkait dalam memfasilitasi transisi digital konstruksi bawah tanah.
[28]	Kajian Implementasi <i>Building Information Modeling (BIM)</i> Di Dunia Konstruksi Indonesia	(Pantiga & Soekiman, 2021)	Mengumpulkan data tentang pengalaman adopsi, masalah, dan keuntungan BIM yang dihadapi pelaku konstruksi di Indonesia.
[29]	Kajian Penerapan <i>Building Information Modelling (BIM)</i> di Industri Jasa Konstruksi Indonesia	(Heryanto et al., 2020)	Meninjau pengalaman dan proses penerimaan BIM di beberapa negara maju, terutama dalam keberhasilan BCA Singapura
[30]	<i>Investigating Building Information Modelling (BIM) Adoption in Indonesia Construction Industry</i>	(Hatmoko et al., 2019)	Meninjau adopsi, tantangan, dan peluang implementasi BIM pada konstruksi Indonesia.
[31]	<i>Quantity Take-off Berbasis Building Information Modeling (BIM) Studi Kasus: Gedung Bappeda Padang</i>	(Ferial et al., 2021)	Meninjau penggunaan <i>software</i> BIM <i>Revit</i> dan <i>Naviswork Manage</i> untuk pekerjaan <i>quantity take-off</i> , dan menganalisis perbedaan hasil dengan BIM dan manual.
[32]	<i>The Level of Building Information Modelling (BIM) Implementation in Malaysia</i>	(Othman et al., 2021)	Mengevaluasi proses implementasi BIM diantara perusahaan Malaysia.
[33]	Peningkatan Kinerja Waktu dan Biaya Dengan Integrasi Metode Penjadwalan dan <i>Building Information Modeling (BIM)</i> Pada Pekerjaan Struktur Pracetak Bangunan Gedung	(Danil, 2020)	Menganalisis bagaimana metode penjadwalan PERT dan BIM 4D dan 5D berintegrasi dalam proyek konstruksi gedung dengan struktur precast.
[34]	Kajian Implementasi Prinsip-Prinsip Konstruksi Ramping Menggunakan <i>Building</i>	(Nabila, 2021)	Meninjau keunggulan, tantangan, dan interaksi dari Lean dan BIM di industri konstruksi.



No.	Judul	Referensi	Pembahasan
	<i>Information Modeling Di Industri Konstruksi</i>		
[35]	<i>A Study on Effectiveness of Building Information Modelling (BIM) on The Malaysian Construction Industry</i>	(Kong et al., 2020)	Meninjau pengaruh BIM terhadap industri konstruksi Malaysia.
[36]	<i>BIM-based Last Planner System Tool for Improving Construction Project Management</i>	(Heigermoser et al., 2019)	Mengusulkan alat manajemen konstruksi yang menggabungkan LPS dengan visualisasi 3D BIM untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi limbah konstruksi
[37]	<i>A Review of Building Information Modeling (BIM) and The Internet of Things (IoT) Devices Integration: Present Status and Future Trends</i>	(Tang et al., 2019)	Mengidentifikasi integrasi perangkat BIM-IoT dan melihat keterbatasan saat ini untuk arah penelitian di masa mendatang.
[38]	<i>BIM and The Future of Architecture Teaching</i>	(Salgado, 2022)	Menganalisis potensi penggunaan model domain BIM sebagai alternatif untuk memasukkan BIM dalam proses pengajaran sarjana arsitektur.
[39]	<i>Development of BIM, IoT and AR/VR Technologies for Fire Safety and Upskilling</i>	(Chen et al., 2021)	Mengusulkan kerangka kerja terintegrasi teknologi inovatif untuk membuat prototipe sistem BIM, IoT, dan AR/VR <i>proof-of-concept</i> berdasarkan skenario atau situasional kebakaran.
[40]	<i>“Intelligent Construction, Digital Modeling of the Future” Internet + BIM Service EPC Project—Take the Exhibition Center of National Cybersecurity Center for Education and Innovation Project as an Example</i>	(Jiang et al., 2021)	Mengkaji penerapan teknologi Internet dan BIM untuk mode konstruksi “PPP + EPC + Fund” dan mode manajemen “ <i>Executive Architect</i> ” dari studi kasus Pusat Pameran Pusat Pendidikan dan Inovasi Keamanan Siber Nasional.
[41]	<i>From BIM to extended reality in AEC industry</i>	(Alizadehsalehi et al., 2020)	Meninjau penggunaan XR yang akan diintegrasikan dengan BIM untuk menyelesaikan berbagai masalah



No.	Judul	Referensi	Pembahasan
			manajemen proyek konstruksi secara efektif dan efisien.
[42]	<i>Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis</i>	(Wang et al., 2019)	Mengulas integrasi BIM-GIS dalam lingkungan berkelanjutan proyek pembangunan, serta menganalisis aplikasi integrasi tersebut dalam 4 sudut pandang: teknologi untuk integrasi data, adopsi dalam siklus hidup proyek AEC, manajemen energi bangunan, dan tata kelola perkotaan.
[43]	<i>From BIM to Digital Twins: A Systematic Review of The Evolution of Intelligent Building Representations In The AEC-FM Industry</i>	(Deng et al., 2021)	Meninjau perkembangan pengadaan teknologi baru <i>Digital Twins</i> yang memfasilitasi evolusi BIM dalam aplikasi lingkungan buatan.
[44]	<i>Integrasi BIM dan Blockchain Pada Kinerja Perancangan AEC (Architecture, Engineering, & Construction)</i>	(Daffa & Azhar, 2022)	Menganalisis implementasi proses perancangan BIM dengan integrasi teknologi <i>blockchain</i> dalam sistem perancangan AEC.
[45]	<i>Trends in BIM-Based Plugins Development for Construction Activities: a Systematic Review</i>	(Saad et al., 2022)	Meninjau plugin berbasis BIM, dengan mengeksplorasi sifatnya, area penerapannya, dan implikasinya terhadap produktivitas dan efisiensi.
[46]	<i>Digital Twins in Built Environments: An Investigation of the Characteristics, Applications, and Challenges</i>	(Shahzad et al., 2022)	Meninjau pustaka dan wawancara pada sepuluh pakar industri tentang definisi, manfaat dan tantangan penerapan dari <i>Digital Twins</i> .
[47]	<i>Towards a Semantic Construction Digital Twin: Directions for Future Research</i>	(Boje et al., 2020)	Meninjau aplikasi BIM selama tahap konstruksi dan menyoroti batasan dan persyaratan yang membuka jalan menuju konsep Konstruksi Digital Twin.
[48]	<i>A Review and Outlook for Integrated BIM Application in Green Building Assessment</i>	(Ansah et al., 2019)	Meninjau luasnya matriks evaluasi bangunan ramah lingkungan (GBAS) yang dapat dicapai dengan BIM.



No.	Judul	Referensi	Pembahasan
[49]	<i>Cross-sectional SWOT Analysis of BIM and GIS Integration</i>	(Glinka, 2022)	Menganalisis kelebihan, kelemahan, peluang, dan ancaman integrasi BIM-GIS dimasa depan dengan analisis SWOT.
[50]	<i>Comparing BIM-Based XR and Traditional Design Process from Three Perspectives: Aesthetics, Gaze Tracking, and Perceived Usefulness</i>	(Chi et al., 2022)	Mengusulkan mode proses desain baru sistem XR berbasis BIM dan membandingkannya dengan mode proses desain tradisional melalui proyek desain stadion yang sebenarnya.

Berdasarkan **Tabel 1** diketahui rincian artikel publikasi yang dianalisis, yaitu tahun 2019 sebanyak 18 artikel, tahun 2020 sebanyak 13 artikel, tahun 2021 sebanyak 11 artikel, tahun 2022 sebanyak 7 artikel, dan tahun 2023 sebanyak 1 artikel. Berikut rangkuman keunggulan dari *Building Information Modeling* (BIM).

Tabel 2. Keunggulan Adopsi BIM

No.	Keunggulan/manfaat BIM
1.	Visualisasi 3D yang akurat. Referensi: [2], [5], [10], [12], [19], [28], [29], [34], [36]
2.	Otomatisasi dokumentasi. Referensi: [2], [25]
3.	Mendeteksi konflik (<i>clash detection</i>) dan meminimalisir kesalahan. Referensi: [2], [3], [4], [7], [10], [13], [17], [19], [28], [29], [31], [32], [34]
4.	Mempermudah pemahaman model proyek karena informasi didalamnya. Referensi: [1], [7], [13], [15], [25], [26], [27], [28], [32](Chan et al., 2019; Durdyev et al., 2021; Elhendawi et al., 2019; Hong et al., 2019)

5.	Penyelesaian masalah perbaikan sampai tingkat keberlanjutan proyek. Referensi: [6], [12], [19], [26], [34]
6.	Mudah berbagi data, berkolaborasi, dan berkomunikasi antar stakeholder. Referensi: [3], [4], [5], [6], [10], [12], [13], [15], [16], [17], [25], [26], [28], [29], [32], [34]
7.	Efisiensi biaya proyek. Referensi: [1], [2], [4], [7], [10], [13], [19], [25], [28], [32], [33], [34]
8.	Mempercepat proses desain, perencanaan, dan kontrol. Referensi: [1], [4], [27], [28], [32], [34]
9.	Efisiensi waktu pelaksanaan. Referensi: [7], [15], [16], [17], [32], [33]
10.	Meningkatkan kualitas atau kinerja proyek. Referensi: [1], [13], [16], [26], [28], [29], [36]
11.	Integrasi BIM dengan sistem lainnya. Referensi: [12]
12.	Efisiensi keberlanjutan dan energi bangunan Referensi: [10], [19], [32]
13.	Menunjukkan nilai tambah dan performa bagi perusahaan dan proyek.



Referensi: [20], [28], [34]

14. Meningkatkan produktifitas jumlah tenaga kerja.
Referensi: [28], [34], [36]

15. Integrasi dengan konstruksi dan teknolgi lainnya.
Referensi: [29]

Berdasarkan Error! Reference source not found. diketahui keunggulan *Building Information Modeling* (BIM) yang sering didapatkan adalah kemudahan berbagi data, berkolaborasi, dan berkomunikasi antar stakeholder. Berikut ini hasil rangkuman tantangan atau hambatan adopsi teknologi *Building Information Modeling* (BIM) dari hasil studi literatur pada Error! Reference source not found..

Tabel 3. Tantangan Adopsi BIM

No.	Tantangan BIM
1.	Resistensi atau penolakan terhadap perubahan. Referensi: [2], [4], [7], [8], [9], [13], [15], [18], [19], [21], [23]
2.	Kurangnya pengetahuan dan kesadaran individu tentang BIM. Referensi: [2], [8], [13], [17], [21], [23]
3.	Perlu usaha dan waktu yang lama untuk mengubah cara kerja terdahulu Referensi: [3], [11], [13], [18], [21], [22]
4.	Tidak ada dukungan atau motivasi dalam adopsi BIM. Referensi: [3], [8], [9], [13], [15], [19], [22], [23]

5. Investasi yang tinggi untuk *software*, *hardware* dan pelatihan.
Referensi: [2], [3], [4], [7], [8], [11], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [29], [30],

6. Kurangnya kemampuan untuk operasi *software* dan komputer.
Referensi: [2], [8], [9], [30]

7. Tidak adanya standar industri yang dijadikan pedoman.
Referensi: [3], [4], [19]

8. Kurangnya regulasi atau hukum yang mengatur adopsi *Building Information Modeling* (BIM).
Referensi: [2], [8], [9], [13], [16], [18], [19], [21], [22], [23], [29]

9. Kekurangan tenaga ahli BIM.
Referensi: [8], [9], [13], [14], [15], [18], [19], [22], [28]

10. Kurangnya pengadaan pembelajaran dan pelatihan *Building Information Modeling* (BIM).
Referensi: [14], [22], [23], [28], [29], [34]

11. Tidak mengimplementasi karena tidak ada permintaan dari klien.
Referensi: [16], [19], [21], [22], [30]

12. Opini perangkat yang digunakan masih mencukupi kebutuhan
Referensi: [8]

13. Kesulitan karena proses BIM tidak sepenuhnya digunakan
Referensi: [8], [9], [20], [28], [29], [34]

14. Ekstensi dan ukuran file besar.
Referensi: [11], [20]

15. Perubahan kontrak dan kekayaan intelektual untuk implementasi BIM



Referensi: [15], [19], [20], [21], [22], [34]

Berdasarkan Error! Reference source not found. diketahui tantangan adopsi *Building Information Modeling* (BIM) yang sering didapatkan adalah tingginya investasi awal untuk *software, hardware* dan pelatihan. Berikut ini peluang *Building Information Modeling* (BIM) sebagai teknologi dimasa depan dari artikel hasil studi literatur pada Error! Reference source not found..

Tabel 4. Peluang BIM

No.	Peluang BIM
1.	Pemanfaatan alat manajemen konstruksi yang menggabungkan sinergi <i>Lean Construction</i> , BIM, dan <i>Last Planner System</i> (LPS). Referensi: [36]
2.	Integrasi BIM dengan data <i>real-time</i> dari perangkat Internet of Things (IoT) Referensi: [37], [39]
3.	Penerapan berbagai plugin berbasis BIM. Referensi: [45]
4.	Penggunaan model BIM dalam proses pengajaran berbagai mata pelajaran. Referensi: [38]
5.	Integrasi BIM dengan <i>blockchain</i> . Referensi: [44]
6.	Integrasi BIM dengan <i>Extended Reality</i> (AR, VR, dan MR) Referensi: [39], [40], [41], [50]
7.	Integrasi BIM dengan <i>Geographical information systems</i> (GIS). Referensi: [42], [49]
8.	BIM ke <i>Digital Twins</i> .

Referensi: [40], [43], [46], [47]

9. Penggunaan BIM untuk *Green Building Assessment Schemes* (GBAS)
Referensi:[48]

Berdasarkan **Tabel 4** diketahui terdapat banyak peluang integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan teknologi lain dan aplikasinya pada berbagai bidang.

PEMBAHASAN

Keunggulan atau Manfaat Adopsi *Building Information Modeling* (BIM)

Building Information Modeling (BIM) memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan sistem konvensional. *Building Information Modeling* (BIM) mempermudah proses berbagi data, kolaborasi, dan komunikasi kepada setiap pemangku kepentingan. Hal ini sesuai dengan konsep *Building Information Modeling* (BIM) yang membawa konsep konvensional ke dalam konstruksi virtual, mengintegrasikan semua informasi proyek, dan membangun sinergi kolaborasi antar subyek yang terlibat dalam siklus hidup proyek konstruksi (Nelson & Sekarsari, 2019; Setiawan, 2022). Data terkait bangunan seperti geometri, waktu, biaya, dan informasi lainnya dikumpulkan, dikelola, dan dibagikan dalam format digital. *Building Information Modeling* (BIM) memungkinkan para pemangku kepentingan proyek untuk berbagi



informasi secara *real-time*, meningkatkan kolaborasi antara tim dan mengurangi ketidakselarasan antar disiplin. Kemampuan visualisasi 3D *Building Information Modeling* (BIM) sangat realistis dan akurat sehingga memungkinkan pemangku kepentingan untuk melihat dan memahami desain proyek dengan lebih baik bahkan sebelum pelaksanaan konstruksi dimulai. Perencanaan dengan BIM lebih baik karena dapat melakukan simulasi dan analisis yang membantu dalam perencanaan, termasuk penjadwalan, pengelolaan sumber daya, dan estimasi biaya. Berdasarkan banyak hal tersebut, proses penentuan keputusan dengan *Building Information Modeling* (BIM) lebih cepat dibandingkan dengan cara kerja sebelumnya (Nelson & Sekarsari, 2019).

Deteksi konflik pada *Building Information Modeling* (BIM) diawal proses konstruksi dapat meminimalkan risiko kesalahan dan menghindari pengerjaan ulang dalam pelaksanaan proyek (Mieslenna & Wibowo, 2019; Nelson & Sekarsari, 2019). Keunggulan implementasi *Building Information Modeling* (BIM) tersebut bermanfaat untuk menghemat biaya, waktu, limbah material dan sumber daya manusia (Hong et al., 2019; Mieslenna & Wibowo, 2019; Mostafa et al., 2020; Samimpay &

Saghatforoush, 2020). Hal tersebut didukung dengan hasil penelitian oleh Yudi (2020) yang menunjukkan waktu perencanaan dengan *Building Information Modeling* (BIM) 50% lebih cepat dibandingkan dengan *software* konvensional.

Building Information Modeling (BIM) memungkinkan pembuatan *model of the building's energy* dan *indoor climate* yang akurat, serta skenario renovasi dan didukung langkah-langkah renovasi (Shemeikka et al., 2020). Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) untuk *smart building* berfungsi mengurangi konsumsi energi, meningkatkan manfaat ekonomi, meningkatkan kualitas hidup pengguna, dan mengintegrasikan teknologi informasi lainnya untuk meningkatkan otomatisasi bangunan (Yang et al., 2021). Dengan keunggulan tersebut, penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) telah meningkat pesat secara signifikan dan menjadi solusi mengoptimalkan efisiensi, produktivitas, dan pengendalian mutu selama siklus hidup bangunan suatu proyek konstruksi. Oleh karena itu, perusahaan yang menggunakan BIM lebih unggul dan kompetitif dalam persaingan pasar (Durdyev et al., 2021).

Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) memang banyak mendapatkan implikasi positif, namun



dalam pelaksanaannya ada beberapa keterbatasan atau permasalahan. Pertama, keakuratan *Building Information Modeling* (BIM) bergantung pada data proyek yang tersedia dan proses pembuatan detail simulasi modelling *Building Information Modeling* (BIM) membutuhkan waktu yang lama (Shemeikka et al., 2020). Proyek konstruksi yang menggunakan *Building Information Modeling* (BIM) membutuhkan waktu lebih banyak di awal (perencanaan), tetapi cepat di masa pelaksanaan konstruksi (pembangunan). Kedua, *software Building Information Modeling* (BIM) sangatlah luas dan banyak sehingga tidak mudah untuk menyatukan informasi dari banyak *software Building Information Modeling* (BIM) yang berbeda-beda (Nelson & Sekarsari, 2019). Begitu banyak jenis *software Building Information Modeling* (BIM) dengan fungsi, dimensi, level, dan LOD yang berbeda-beda. Dibutuhkan waktu dan biaya lebih untuk menguasai seluruh penggunaan *software Building Information Modeling* (BIM) tersebut. Ketiga, kolaborasi pada *Building Information Modeling* (BIM) tidak akan optimal jika proses adopsi belum sepenuhnya atau hanya segelintir *stakeholder* saja sehingga proses kolaborasi akan tetap dilakukan dengan cara konvensional (Mieslenna & Wibowo, 2019). Hal tersebut sesuai pengertian

kolaborasi *Building Information Modeling* (BIM) yang memungkinkan pengguna untuk menyimpan, mentransfer, dan melakukan perubahan data melalui database atau *cloud* bersama organisasi dan antar multidisiplin untuk proses koordinasi.

Tantangan Adopsi *Building Information Modeling* (BIM)

Diketahui bahwa banyak kendala yang menjadi penghambat pelaksanaan *Building Information Modeling* (BIM). Adopsi *Building Information Modeling* (BIM) memiliki tantangan dalam manajemen informasi, teknologi, biaya, dan regulasi atau hukum (Dixit et al., 2019). Mengubah budaya kerja dari konvensional ke *Building Information Modeling* (BIM) dibutuhkan lisensi *software Building Information Modeling* (BIM), spesifikasi *hardware* (perangkat komputer) yang tinggi, dan pengadaan pelatihan. Dalam hal ini, perusahaan dituntut berkomitmen memberikan dorongan motivasi, pelatihan, dan pengawasan (Hutama & Sekarsari, 2019). Sehingga pelaksanaan adopsi BIM dapat terlaksana dengan baik dan tidak menimbulkan permasalahan lainnya. Namun, besarnya biaya pengenalan *Building Information Modeling* (BIM) tersebut membuat perusahaan-perusahaan menolak penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) (Hong et al., 2019; Iushkin et al., 2022).



Tantangan implementasi *Building Information Modeling* (BIM) lainnya adalah kurangnya pengetahuan dan kesadaran (Elhendawi et al., 2019; Iushkin et al., 2022). Sedangkan, penerapan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) membutuhkan keahlian khusus dalam penggunaan *software Building Information Modeling* (BIM) dan pemahaman yang mendalam tentang metodologinya. Diperlukan pengembangan rencana strategis yang mengandalkan kerja sama antara sektor dari pemerintah, perusahaan swasta dan pemangku kepentingan yang terlibat untuk membuat strategi adopsi *Building Information Modeling* (BIM). Salah satunya buku panduan adopsi BIM organisasi yang dibuat Balitbang PUPR untuk membantu organisasi mengadopsi *Building Information Modeling* (BIM) dengan langkah-langkah, yaitu kepemimpinan, perencanaan, informasi, proses, SDM dengan kapabilitasnya, keterlibatan *stakeholder*, dan hasil (Kusumartono et al., 2018).

Peluang dari Adopsi *Building Information Modeling* (BIM)

Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) pada proyek konstruksi semakin meningkat dan menjadi solusi untuk banyak masalah di dunia konstruksi. Perkembangan adopsi dan integrasi

teknologi *Building Information Modeling* (BIM) dengan teknologi lainnya seperti *Internet of Things* (IoT), *blockchain*, *Extended Reality* (XR), dan *Geographical information systems* (GIS) menjadi salah satu peluang penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) dimasa mendatang.

BIM-IoT

Pada Integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan penggunaan data real-time dari sensor *Internet of Things* (IoT) yang dapat dihubungkan dengan model *Building Information Modeling* (BIM) yang akurat, sehingga memberikan berbagai aplikasi yang bermanfaat untuk pemantauan dan pengelolaan konstruksi, manajemen kesehatan dan keselamatan, logistik dan manajemen konstruksi, serta manajemen fasilitas (Tang et al., 2019). BIM-IoT masih dalam tahap awal penelitian, namun telah ada beberapa studi yang mengusulkan konsep dan metode integrasi.

BIM-Blockchain

Integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan *blockchain* memang belum diterima secara luas, namun integrasinya memungkinkan proses pertukaran informasi antara *stakeholder* lebih aman dan transparan, serta



mempercepat proses verifikasi dan validasi data (Daffa & Azhar, 2022).

BIM-XR

Integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan *Extended Reality* (XR) membuat pengguna dapat berinteraksi dengan model 3D *Building Information Modeling* (BIM) dalam realitas virtual (Chi et al., 2022). Berdasarkan penelitian Alizadehsalehi (2020), saat ini penggunaan BIM-XR telah diperkenalkan ke sejumlah *software* diberbagai bidang, diantaranya manajemen desain, keselamatan, kontrol, konflik, dan pengambilan keputusan.

BIM-GIS

Integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dengan *Geographical information systems* (GIS) atau BIM-GIS membuat pengguna dapat mengkombinasikan spasial data geografi GIS dengan model *Building Information Modeling* (BIM) untuk meningkatkan keselamatan dalam lokasi konstruksi dan manajemen siklus hidup proyek (Glinka, 2022). Tantangan utama integrasi BIM-GIS terletak pada ekstensi file dan ketidaksesuaian informasi model BIM IFC dan GIS CityGML sehingga sulit untuk melakukan pertukaran data (Wang et al., 2019).

Dengan berbagai integrasi ini, sistem konstruksi yang lebih pintar dapat digunakan untuk pemantauan *real-time*,

analisis data, perawatan prediktif, dan peningkatan efisiensi energi dimasa depan dalam proyek infrastruktur yang lebih kompleks.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji keuntungan, hambatan, dan peluang *Building Informasi Modelling* (BIM) dimasa depan. Dalam penelitian ini temukan bahwa keuntungan atau manfaat signifikan *Building Informasi Modelling* (BIM) ada dalam berbagai aspek proyek konstruksi, diantaranya; (1) Model bangunan yang terintegrasi, membuat proses kolaborasi dari berbagai pihak lebih efisien; (2) Mengurangi risiko kesalahan desain; (3) Meningkatkan koordinasi antara tim proyek; (4) Memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik. Selain itu, *Building Informasi Modelling* (BIM) juga dapat membantu mengoptimalkan efisiensi energi, mengurangi dampak lingkungan, dan meningkatkan keberlanjutan suatu bangunan.

Penerapan teknologi *Building Informasi Modelling* (BIM) juga dihadapkan pada berbagai tantangan atau hambatan utama yang perlu diatasi. Beberapa tantangan tersebut diantaranya; (1) Masalah budaya atau resistensi terhadap perubahan; (2) Kebutuhan akan sumber daya manusia yang terampil atau tenaga



ahli *Building Informasi Modelling* (BIM);
(3) Biaya inventasi yang besar untuk *software, hardware*, dan pelatihan *Building Informasi Modelling* (BIM); (4) Kekurangan akan hukum dan regulasi.

Teknologi *Building Informasi Modelling* (BIM) menawarkan banyak keunggulan dan peluang yang menarik bagi industri konstruksi, tetapi juga memiliki banyak tantangan dalam mengadopsinya. Diperlukan strategi yang baik dari setiap pihak untuk meningkatkan tingkat adopsi *Building Informasi Modelling* (BIM) untuk mengatasi hal tersebut. Salah satu dengan membuat perencanaan, standar, dan regulasi. Dukungan secara material dan non material juga sangat penting untuk motivasi adopsi *Building Informasi Modelling* (BIM).

DAFTAR PUSTAKA

- Alizadehsalehi, S., Hadavi, A., & Huang, J. C. (2020). From BIM to extended reality in AEC industry. *Automation in Construction*, 116(April), 103254. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103254>
- Ansah, M. K., Chen, X., Yang, H., Lu, L., & Lam, P. T. I. (2019). A Review and Outlook for Integrated BIM Application in Green Building Assessment. *Sustainable Cities and Society*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101576>
- Aryani, A. L., Brahim, J., & Fathi, M. S. (2014). The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition. *Applied Mechanics and Materials*, 567, 625–630. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.567.625>
- Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). Towards a Semantic Construction Digital Twin: Directions for Future Research. *Automation in Construction*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179>
- Chan, D. W. M., Olawumi, T. O., & Ho, A. M. L. (2019). Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering*, 25, 100764. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100764>
- Chen, H., Hou, L., Zhang, G. (Kevin), & Moon, S. (2021). Development of BIM, IoT and AR/VR Technologies for Fire Safety and Upskilling. *Automation in Construction*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103631>
- Chi, H. Y., Juan, Y. K., & Lu, S. (2022). Comparing BIM-Based XR and Traditional Design Process from Three Perspectives: Aesthetics, Gaze Tracking, and Perceived Usefulness. *Buildings*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/buildings12101728>
- Daffa, M., & Azhar, U. (2022). Integrasi BIM Dan Blockchain Pada Kinerja Perancangan AEC (Architecture, Engineering, & Construction). *SIAR: Seminar Ilmiah Arsitektur III*, 624–631.
- Danil, R. (2020). Peningkatan Kinerja Waktu dan Biaya Dengan Integrasi Metode Penjadwalan dan Building Information Modeling (BIM) Pada Pekerjaan Struktur Pracetak Bangunan Gedung. *Jurnal Menara*, 18(2), 68–90.
- Deng, M., Menassa, C. C., & Kamat, V. R. (2021). From BIM to Digital Twins: A Systematic Review of The Evolution



- of Intelligent Building Representations in The AEC-FM Industry. *Journal of Information Technology in Construction*, 26, 58–83.
<https://doi.org/10.36680/J.ITCON.2021.005>
- Dixit, M. K., Venkatraj, V., Ostadalimakhmalbaf, M., Pariafsai, F., & Lavy, S. (2019). Integration of facility management and building information modeling (BIM): A review of key issues and challenges. *Facilities*, 37(7–8), 455–483.
<https://doi.org/10.1108/F-03-2018-0043>
- Durdyev, S., Mbachu, J., Thurnell, D., Zhao, L., & Hosseini, M. R. (2021). BIM adoption in the cambodian construction industry: Key drivers and barriers. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(4).
<https://doi.org/10.3390/ijgi10040215>
- Elhendawi, A., Omar, H., Elbeltagi, E., & Smith, A. (2019). Practical Approach for Paving The Way to Motivate BIM Non-users to Adopt BIM. *International Journal of BIM and Engineering Science*, 2(2), 01–22.
<https://doi.org/10.54216/ijbes.020201>
- Evjen, T. Å., Raviz, S. R. H., & Petersen, S. A. (2020). Enterprise BIM: A Holistic Approach to the Future of Smart Buildings. *REAL CORP 2020: SHAPING URBAN CHANGE*.
- Fakhrudin, Parung, H., Tjaronge, M. W., Djameluddin, R., Irmawaty, R., Amiruddin, A. A., Djameluddin, A. R., Harianto, T., Muhiddin, A. B., Arsyad, A., & Nur, S. H. (2019). Sosialisasi Aplikasi Teknologi Building Information Modelling (BIM) pada Sektor Konstruksi Indonesia. *Jurnal Tepat (Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat)*, 2(2), 112–119.
https://doi.org/https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v2i2.82
- Ferial, R., Hidayat, B., Pesela, R. C., & Daoed, D. (2021). Quantity Take-off Berbasis Building Information Modeling (BIM) Studi Kasus: Gedung Bappeda Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 17(3), 228–238.
<https://doi.org/10.25077/jrs.17.3.228-238.2021>
- Georgiadou, M. C. (2019). An Overview of Benefits and Challenges of Building Information Modelling (BIM) Adoption in UK Residential Projects. *Construction Innovation*, 19(3), 298–320.
<https://doi.org/10.1108/CI-04-2017-0030>
- Glinka, S. (2022). Cross-sectional SWOT Analysis of BIM and GIS Integration. *Geomatics and Environmental Engineering*, 16(3), 157–183.
<https://doi.org/10.7494/geom.2022.16.3.157>
- Haidar, K. A., & Suroso, A. (2023). Faktor-faktor Penghambat Penerapan Teknologi Building Information Modelling Pada Tahap Perencanaan Proyek Jalan Tol. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, 10(1), 91–100.
<https://doi.org/10.37373/tekno.v10i1.383>
- Hatmoko, J. U. D., Fundra, Y., Wibowo, M. A., & Zhabrinna. (2019). Investigating Building Information Modelling (BIM) Adoption in Indonesia Construction Industry. *MATEC Web of Conferences*, 258, 02006.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201925802006>
- Heigermoser, D., Soto, B. G. de, Abbott, E. L. S., & Chua, D. K. H. (2019). BIM-based Last Planner System Tool for Improving Construction Project Management. *Automation in Construction*, 104, 246–254.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>
- Herr, C. M., & Fischer, T. (2019). BIM adoption across the Chinese AEC industries: An extended BIM adoption model. *Journal of Computational*



- Design and Engineering*, 6(2), 173–178.
<https://doi.org/10.1016/j.jcde.2018.06.001>
- Heryanto, S., Subroto, G., & Rifa'ih. (2020). Kajian Penerapan Building Information Modelling (BIM) Di Industri Jasa Konstruksi Indonesia. *Journal of Architecture Innovation*, 4(2).
- Hong, Y., Hammad, A. W. A., Sepasgozar, S., & Akbarnezhad, A. (2019). BIM Adoption Model For Small and Medium Construction Organisations in Australia. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(2), 154–183.
<https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2017-0064>
- Huang, M. Q., Ninić, J., & Zhang, Q. B. (2021). BIM, Machine Learning and Computer Vision Techniques in Underground Construction: Current Status and Future Perspectives. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 108.
<https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.10.3677>
- Hutama, H. R., & Sekarsari, J. (2019). Analisa Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling Dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal Infrastruktur*, 4(1), 25–31.
<https://doi.org/10.35814/infrastruktur.v4i1.716>
- Iushkin, I. I., Alamedy, S. G. H., & Stashevskaya, N. A. (2022). Problems and benefits of implementing BIM in the construction industry. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, 18(2), 172–181.
<https://doi.org/10.22363/1815-5235-2022-18-2-172-181>
- Jamal, K. A. A., Mohammad, M. F., Hashim, N., Mohamed, M. R., & Ramli, M. A. (2019). Challenges of Building Information Modelling (BIM) from the Malaysian Architect's Perspective. *MATEC Web of Conferences*, 266, 05003.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201926605003>
- Ji, Q., & Chen, W. (2020). The Application of BIM Technology in the cost Management of The Whole Process of Construction Projects. *Journal of Physics: Conference Series*, 1648.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1648/3/032016>
- Jiang, M., Cheng, Y., Lei, T., & Liu, Z. (2021). “Intelligent Construction, Digital Modeling of the Future” Internet + BIM Service EPC Project—Take the Exhibition Center of National Cybersecurity Center for Education and Innovation Project as an Example. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 719(2), 022043.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/719/2/022043>
- Kong, S. W. R., Lau, L. T., Wong, S. Y., & Phan, D. T. (2020). A Study on Effectiveness of Building Information Modelling (BIM) on The Malaysian Construction Industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 713(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/713/1/012035>
- Kusumartono, H., Krisbandono, A., Permana, G. P., Andarwati, N., Indraprastha, A., Widyastuti, A. R., Irsan, A., & Rahman, A. (2018). *Adopsi BIM dalam Organisasi*. Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi.
- Laorent, D., Nugraha, P., & Budiman, J. (2019). Analisa Quantity Take-Off Dengan Menggunakan Autodesk Revit. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 6(1), 1–8.
<https://doi.org/10.9744/duts.6.1.1-8>
- Liu, Z., Lu, Y., & Peh, L. C. (2019). A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information Modeling (BIM) Research in the



- Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry. *Buildings*, 9(10), 210. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/buildings9100210>
- Marefat, A., Toosi, H., & Hasankhanlo, R. M. (2019). A BIM Approach for Construction Safety: Applications, Barriers and Solutions. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(9), 1855–1877. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2017-0011>
- Matarneh, S. T., Danso-Amoako, M., Al-Bizri, S., Gaterell, M., & Matarneh, R. (2019). Building Information Modeling for Facilities Management: A Literature Review and Future Research Directions. *Journal of Building Engineering*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.10.0755>
- Megapathi, I. M. A., Putera, I. G. A. A., & Jaya, N. M. (2021). Tingkat Implementasi dan Hambatan Adopsi Building Information Modeling Pada Pelaku Proyek Konstruksi Di Bali. *Jurnal Spektran*, 9(1), 1–11.
- 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>
- Mieslenna, C. F., & Wibowo, A. (2019). Mengeksplorasi Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Industri Konstruksi Indonesia Dari Perspektif Pengguna. *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum*, 11(1), 44–58.
- Mostafa, S., Kim, K. P., Tam, V. W. Y., & Rahnamayiezekavat, P. (2020). Exploring the status, benefits, barriers and opportunities of using BIM for advancing prefabrication practice. *International Journal of Construction Management*, 20(2), 146–156. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1484555>
- Nabila, F. (2021). Kajian Implementasi Prinsip-Prinsip Konstruksi Ramping Menggunakan Building Information Modeling Di Industri Konstruksi. *Rekayasa Sipil*, 15(2), 111–118. <https://www.rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/716>
- Nelson, & Sekarsari, J. (2019). Faktor Yang Memengaruhi Penerapan Building Information Modeling (Bim) Dalam Tahapan Pra Konstruksi Gedung Bertingkat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4), 241–24. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6305>
- Olanrewaju, O. I., Chileshe, N., Babarinde, S. A., & Sandanayake, M. (2020). Investigating The Barriers to Building Information modeling (BIM) Implementation Within The Nigerian Construction Industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(10), 2931–2958. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2020-0042>
- Othman, I., Al-Ashmori, Y. Y., Rahmawati, Y., Amran, Y. H. M., & Al-Bared, M. A. M. (2021). The Level of Building Information Modelling (BIM) Implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.007>
- Pantiga, J., & Soekiman, A. (2021). Kajian Implementasi Building Information Modeling (BIM) Di Dunia Konstruksi Indonesia. *Rekayasa Sipil*, 15(2), 104–110.
- Saad, A., Ajayi, S. O., & Alaka, H. A. (2022). Trends in BIM-Based Plugins Development for Construction Activities:a Systematic Review. *International Journal of Construction Management*, 0(0), 1–13. <https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2093815>
- Salgado, M. S. (2022). BIM and The Future



- of Architecture Teaching. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1101. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/5/052024>
- Samimpay, R., & Saghatforoush, E. (2020). Benefits of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Infrastructure Projects. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 10(2), 123–140. <https://doi.org/10.2478/jepm-2020-0015>
- Setiawan, D. (2022). Kajian Pembelajaran BIM di Perguruan Tinggi. *Jurnal Civronlit Unbari*, 7(1), 43–47. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v7i1.96>
- Shahzad, M., Shafiq, M. T., Douglas, D., & Kassem, M. (2022). Digital Twins in Built Environments: An Investigation of the Characteristics, Applications, and Challenges. *Buildings*, 12(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/buildings12020120>
- Shemeikka, J., Vesanen, T., Hasan, A., & Mätäsniemi, T. (2020). Early Stage Energy Refurbishment Assessment Tool for Buildings Using High-End BIM Data: Benefits and Challenges. *The 8th Annual International Sustainable Places Conference (SP2020)*, 65(1), 28. <https://doi.org/10.3390/proceedings2020065028>
- Tang, S., Shelden, D. R., Eastman, C. M., Pishdad-Bozorgi, P., & Gao, X. (2019). A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends. *Automation in Construction*, 101(June 2018), 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.020>
- Telaga, A. S. (2018). A review of BIM (Building Information Modeling) implementation in Indonesia construction industry. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 352, 0–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/352/1/012030>
- Ullah, K., Lill, I., & Witt, E. (2019). An Overview of BIM Adoption in The Construction Industry: Benefits and Barriers. *Emerald Reach Proceedings Series*, 2, 297–303. <https://doi.org/10.1108/S2516-285320190000002052>
- Van Roy, A. F., & Firdaus, A. (2020). Building Information Modelling in Indonesia: Knowledge, Implementation and Barriers. *Journal of Construction in Developing Countries*, 25(2), 199–217. <https://doi.org/10.21315/jcdc2020.25.2.8>
- Wang, H., Pan, Y., & Luo, X. (2019). Integration of BIM and GIS in Sustainable Built Environment: A Review and Bibliometric Analysis. *Automation in Construction*, 103, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>
- Yang, A., Han, M., Zeng, Q., & Sun, Y. (2021). Adopting Building Information Modeling (BIM) for the Development of Smart Buildings: A Review of Enabling Applications and Challenges. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8811476>
- Yudi, A., Ulum, M. S., & Nugroho, M. T. (2020). Perancangan Detail Engineering Design Gedung Bertingkat Berbasis Building Information Modeling (Studi Kasus: Asrama Institut Teknologi Sumatera). *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 00(00). <https://doi.org/mkts.v22i2.12871>