

PERANAN BIM DALAM KONSTRUKSI PERUMAHAN

THE ROLE OF BIM IN RESIDENTIAL CONSTRUCTION

Firman Sarifudin*¹, Oei Fuk Jin²

*Email: firman.327231014@stu.untar.ac.id

^{1,2}Program Studi Magister Teknik/Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

Abstrak

Building Information Modeling (BIM) telah merevolusi industri konstruksi, khususnya dalam konteks konstruksi perumahan. Penelitian ini mempunyai maksud memberikan pemahaman terkini dengan menganalisis sejumlah studi penelitian terkait BIM dalam proyek konstruksi perumahan. Fokusnya adalah penerapan BIM, implikasi, tantangan, dan manfaat potensialnya. Penelitian ini mendalam menganalisis kontribusi BIM dalam meningkatkan efisiensi, kolaborasi, dan komunikasi sepanjang siklus hidup proyek konstruksi perumahan, mulai dari tahap desain hingga manajemen fasilitas. Berbagai contoh, termasuk studi kasus *Forest City* di Malaysia, mengilustrasikan dampak positif BIM dengan mengurangi pekerjaan ulang dan meningkatkan efisiensi konstruksi. Kritik terhadap tantangan dalam adopsi BIM di konstruksi perumahan melibatkan pengerjaan ulang, manajemen material, dan evaluasi degradasi bangunan. Pengidentifikasi hambatan ini esensial untuk merancang strategi dalam mengatasi dan memastikan integrasi BIM yang sukses. Sebagai hasil penelitian, disimpulkan bahwa BIM memiliki peran kunci dalam meningkatkan manajemen proyek, manajemen material, dan analisis biaya dalam konstruksi perumahan. Studi ini memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana BIM dapat digunakan secara optimal, meskipun sejumlah tantangan yang perlu diatasi.

Kata kunci: BIM, Efisiensi, Konstruksi Perumahan, Tantangan BIM

Abstract

Building Information Modeling (BIM) has revolutionized the construction industry, particularly in the context of residential construction. This research aims to contribute contemporary insights by analyzing several research studies related to BIM in residential construction projects. The focus is on the application of BIM, its implications, challenges, and potential benefits. This study extensively examines the contribution of BIM in improving efficiency, collaboration, and communication throughout the life cycle of residential construction projects, from the design phase to facility management. Various examples, including the Forest City case study in Malaysia, illustrate the positive impact of BIM by reducing rework and enhancing construction efficiency. Critiques of challenges in adopting BIM in residential construction involve rework, material management, and building degradation assessment. Identifying these obstacles is essential to design overcoming strategies and ensure the successful integration of BIM. As a result of the research, it is concluded that BIM plays a key role in enhancing project management, material management, and cost analysis in residential construction. This study provides in-depth insights into how BIM can be optimally utilized, despite several challenges that need to be addressed.

Keywords: BIM, Efficiency, Residential Construction, BIM Challenges

I. PENDAHULUAN

Building Information Modeling (BIM) merupakan teknologi penting yang telah berdampak signifikan pada industri konstruksi, merevolusi proyek dalam merencanakan, dan menjalankan Terkhusus dalam

konstruksi perumahan [1], BIM telah menjadi objek perhatian yang diperhitungkan. Seiring dengan meningkatnya permintaan akan perumahan yang efisien dan berkelanjutan, integrasi BIM dalam proyek perumahan menjadi lebih penting.

Namun kondisi perkembangan BIM di Indonesia sampai saat ini masih berada pada fase desain dan metode pekerjaan konstruksi dalam proyek-proyek besar [2]. Hal ini disebabkan oleh kurangnya tenaga ahli, perubahan budaya kerja, dan kurangnya pengetahuan mengenai BIM. Sedangkan, menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 9 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan, sasaran penerapan BIM di Indonesia tidak berhenti pada fase desain dan metode metode pekerjaan. Namun sampai pada fase pemeliharaan ataupun pembongkaran (waktu siklus) dan membentuk aset digital berupa suatu kembaran dari kondisi fisik konstruksi yang sesungguhnya atau yang sering disebut *digital twin*.

Dari informasi tersebut, diperlukan upaya untuk meningkatkan pemahaman mengenai implementasi BIM secara menyeluruh (mulai dari fase perancangan, pemeliharaan sampai membentuk aset digital). Terkhusus dalam aspek konstruksi perumahan, penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi pada tubuh pengetahuan yang sudah ada dengan menyajikan pemahaman tentang bagaimana BIM digunakan dalam konstruksi perumahan, mengeksplorasi implikasinya, tantangannya, dan manfaat potensialnya.

Dengan mengacu pada hal tersebut maka diperlukan analisis komprehensif untuk memahami dampak BIM pada proyek perumahan. Salah satu fokus utama dari penelitian ini adalah mengidentifikasi berbagai cara di mana BIM berkontribusi untuk meningkatkan efisiensi, kolaborasi, dan komunikasi sepanjang siklus hidup proyek konstruksi perumahan. Mulai dari tahap desain dan perencanaan awal hingga konstruksi dan manajemen fasilitas, BIM memiliki potensi untuk menyederhanakan proses dan memfasilitasi pendekatan yang lebih terintegrasi dan kolaboratif di antara pemangku kepentingan.

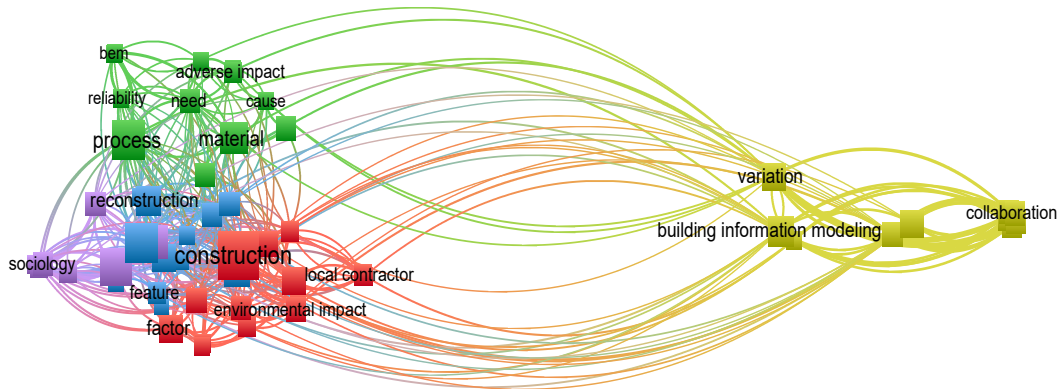
Selanjutnya, penelitian ini akan membahas mengenai tantangan dan hambatan yang mungkin menghambat implementasi BIM dalam konstruksi perumahan. Sebagai kesimpulan, penelitian ditujukan untuk memberikan penilaian pada peranan BIM dalam konstruksi perumahan dengan mempelajari penelitian yang sudah ada dan menemukan kendala-kendala implementasi BIM dalam konstruksi perumahan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Manfaat *Building Information Modeling* (BIM) dalam konteks konstruksi perumahan menarik

perhatian penelitian dalam beberapa aspek yang signifikan. Hasil studi kasus *Forest City* di Malaysia mengungkapkan bahwa penerapan BIM pada proyek konstruksi perumahan memberikan dampak positif [3]. Dengan mengurangi pekerjaan ulang melalui deteksi benturan BIM, efisiensi pekerjaan konstruksi dapat ditingkatkan secara signifikan. Sementara itu, tantangan implementasi BIM di sektor perumahan, seperti yang diidentifikasi dalam penelitian [4], [5], menyoroti kompleksitas manajemen proyek dan material yang dapat menciptakan variasi biaya proyek. Selanjutnya, penerapan BIM dalam desain dan kolaborasi proyek perumahan, sebagaimana dibahas dalam penelitian [6], [7], memberikan wawasan terhadap potensi manfaat desain berbasis BIM dalam pengelolaan ruang interior. Pada dimensi keberlanjutan, BIM juga memainkan peran penting [7], [8]. Sertifikasi bangunan berkelanjutan dan analisis dampak lingkungan konstruksi modular menekankan kontribusi BIM dalam mencapai tujuan keberlanjutan dengan mengurangi limbah, emisi karbon, dan dampak lingkungan secara keseluruhan. Efisiensi biaya dalam proyek konstruksi perumahan juga terkait erat dengan penerapan BIM [3], [5]. Manajemen proyek yang lebih efisien melalui deteksi benturan BIM dan analisis material menggunakan *Economic Order Quantity* (EOQ) menciptakan potensi untuk mengurangi biaya proyek secara keseluruhan. Dengan demikian, pemahaman holistik tentang manfaat, tantangan, peran dalam desain, keberlanjutan, dan efisiensi biaya yang melibatkan BIM dalam konstruksi perumahan memberikan panduan berharga bagi para pemangku kepentingan di industri konstruksi.

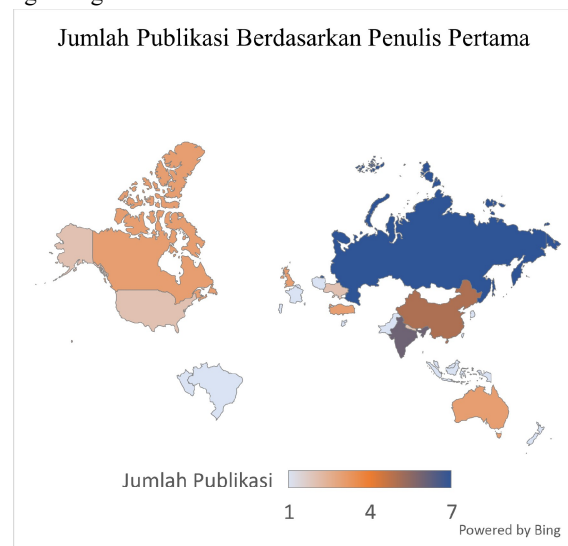
Pada aspek dalam negeri, pemerintah Indonesia mewajibkan penggunaan teknologi BIM pada bangunan dengan kriteria luas bangunan sebesar 2000 m² yang terdapat pada Peraturan Menteri Nomor 8 Tahun 2018. Lalu berkembang pada peraturan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 9 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan, peraturan ini menekankan pelaksanaan konstruksi di Indonesia harus sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan yaitu menggunakan BIM dan perancangan sampai pada fase pemeliharaan dan terbentuknya aset digital.



Gambar 1. Hubungan subjek yang saling berkaitan

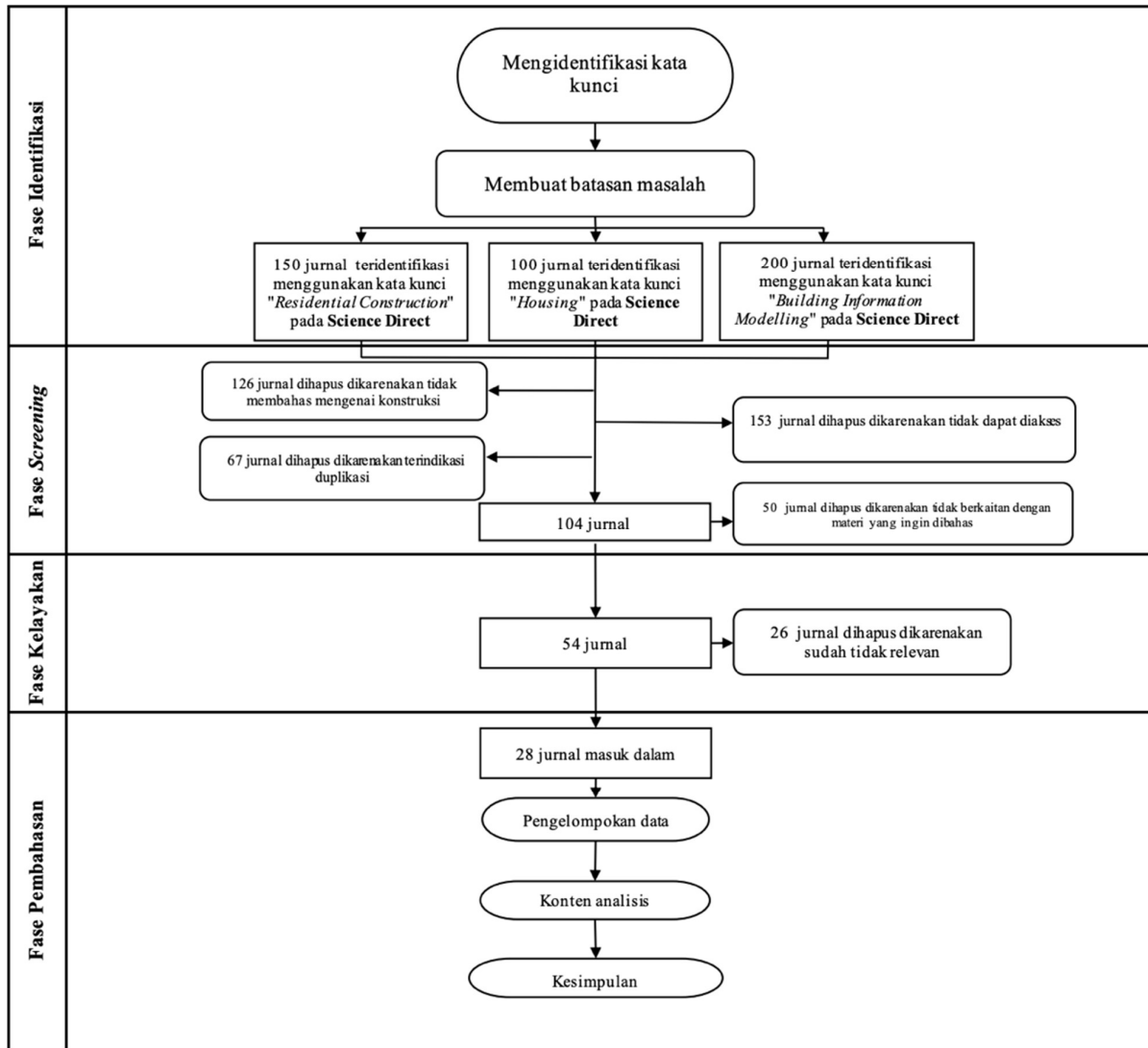
III. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan dengan metode *systematic literature review* pada artikel jurnal yang berkaitan dengan *Building Information Modelling* (BIM) dan konstruksi perumahan. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yakni tahap identifikasi, tahap penyaringan, tahap pemenuhan syarat, dan tahap terpilih. Tahap identifikasi jurnal ini menggunakan aplikasi *publish or perish* dengan pencarian pada basis data jurnal yang terakreditasi scopus, dengan menggunakan kata kunci relevan seperti "*Residential Construction*", "*Housing*", dan "*Building Information Modelling*". Pencarian ini dibatasi pada artikel-artikel yang diterbitkan dalam 5 tahun terakhir. Masing-masing dari kata kunci yang digunakan teridentifikasi sebagai berikut: "*Residential Construction*" sebanyak 150, "*Housing*" sebanyak 100 jurnal, dan "*Building Information Modelling*" sebanyak 200 jurnal. Dari total 450 artikel dihapus sebanyak 346 dikarenakan beberapa alasan seperti tidak dapat diakses, tidak membahas mengenai konstruksi, terindikasi duplikasi dan lainnya, menyisakan 54 artikel jurnal, selanjutnya tahap pemenuhan syarat atau fase kelayakan dimana 54 artikel jurnal yang masuk dalam pembahasan dilakukan penyaringan manual dan dibaca secara menyeluruh untuk dilakukan pengelompokan pembahasan, pada tahap ini beberapa artikel yang mempunyai kesimpulan dan pembahasan yang tidak terkait dengan artikel lain disaring dengan kriteria memiliki kesamaan topik atau kesimpulan pada 2 artikel atau lebih. Akhirnya pada tahap akhir, telah dipilih sebanyak 28 artikel jurnal yang dibahas nantinya pada bab hasil dan pembahasan. Penjelasan alur ini dijabarkan lebih terperinci dapat pada gambar 3.



Gambar 2. Sebaran data jurnal

Peningkatan penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam konstruksi menciptakan minat penelitian yang signifikan di seluruh dunia, sebagaimana tercermin dalam publikasi jurnal yang terdokumentasi (gambar 2). Analisis data menunjukkan distribusi publikasi yang cukup merata dari berbagai negara, menunjukkan dampak globalisasi BIM dalam industri konstruksi perumahan. Beberapa negara seperti Cina (5 publikasi), India (6 publikasi), dan Rusia (7 publikasi) menonjol dengan kontribusi penelitian yang signifikan, menandakan fokus yang tinggi pada penerapan BIM dalam proyek perumahan. Keberadaan publikasi ini mencerminkan keragaman penelitian dan minat global dalam mengintegrasikan BIM dalam konteks konstruksi



Gambar 3. Proses pembuatan artikel menggunakan metode *systematic literature review*

perumahan. Dengan total 28 publikasi yang berasal dari negara-negara, dapat diketahui bahwa penerapan BIM dalam konstruksi perumahan telah menjadi tema penelitian yang menarik dan relevan di tingkat internasional. Berdasarkan hasil visualisasi subjek yang terjadi secara bersamaan menggunakan *software VOSviewer* (pada gambar 1). Bahwa penelitian ini berkaitan dengan kata “*construction*”, “*material*” dan “*Building Information Modelling*”. Masing masing dari kata kata tersebut mempunyai warna yang berbeda namun saling terhubung satu sama lain, menandakan bahwa ketiga kata tersebut menjadi kata kunci yang sering dibahas ataupun ditemukan dalam pembahasan jurnal yang berkaitan dengan produktivitas BIM pada sektor konstruksi perumahan pada tahun 2018-2023.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Manfaat Bim dalam Konstruksi Perumahan

Dalam penelitian ini, manfaat *Building Information Modeling* (BIM) dalam konstruksi perumahan menjadi sorotan utama. Hasil positif studi kasus *Forest City* di Malaysia, yang menggunakan BIM pada proyek konstruksi perumahan bertingkat tinggi [3]. Dengan implementasi BIM, deteksi benturan BIM membantu mengurangi pekerjaan ulang dan secara signifikan meningkatkan efisiensi pekerjaan konstruksi. Penelitian [8] menekankan dampak lingkungan dari konstruksi perumahan modular, khususnya dalam hal teknik prafabrikasi. Pendekatan ini membuktikan keunggulan BIM dalam mengurangi limbah, dan dampak lingkungan secara

keseluruhan. Penelitian [9] menyoroti pentingnya kinerja kontraktor lokal dalam konstruksi perumahan, dengan menunjukkan bahwa kepuasan klien terhadap kinerja kontraktor lokal dapat menjadi faktor kritis dalam proyek konstruksi perumahan. Pengenalan *prototype* mesin untuk pemasangan panel dinding baja berbingkai, sebagaimana disampaikan dalam penelitian [10], menunjukkan bahwa BIM dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan presisi dalam konstruksi perumahan. Penelitian [11] membahas potensi penggunaan bambu dalam konstruksi perumahan, menekankan pada kinerja struktural yang dapat ditingkatkan dengan bantuan BIM. Penilaian manfaat lingkungan dari sistem modular kayu massif, sebagaimana dipaparkan dalam penelitian [12], menunjukkan efisiensi dalam proyek konstruksi perumahan Jepang dengan penerapan BIM. Penelitian [13] menggambarkan analisis dampak kinerja kontraktor terhadap kesuksesan proyek konstruksi perumahan di Yordania, menggarisbawahi pentingnya partisipasi *stakeholder* melalui penerapan BIM pada tahap desain dan konstruksi proyek publik [1]. Penelitian [14] menekankan bahwa BIM dapat meningkatkan konstruksi sipil dengan menganalisis keberlanjutan, produktivitas, dan kontrol biaya secara holistik. Dalam keseluruhan, penelitian ini memperkuat pandangan bahwa penerapan BIM memiliki dampak positif yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi, kinerja lingkungan, dan keseluruhan manajemen proyek konstruksi perumahan.

B. Tantangan Implementasi BIM di Sektor Perumahan

Dalam konteks implementasi *Building Information Modeling* (BIM) di sektor perumahan, sejumlah tantangan muncul sebagaimana dibahas dalam berbagai penelitian. Penelitian [4] mengidentifikasi bahwa pengerjaan ulang dalam proyek konstruksi perumahan dapat menjadi sumber tantangan dalam mengelola proyek secara efisien. Hal ini mencerminkan perlunya pendekatan yang cermat dalam mengatasi penyebab dan dampak pengerjaan ulang untuk mengoptimalkan implementasi BIM. Penelitian [8] menyoroti tantangan terkait manajemen material dalam proyek konstruksi perumahan, dengan menekankan bahwa kurangnya manajemen material yang baik dapat menciptakan variasi biaya proyek. Oleh karena itu, tantangan ini perlu diatasi dengan tindakan korektif yang efektif guna memastikan keterpaduan dan efisiensi implementasi BIM. Pada tingkat kualitas konstruksi, penelitian [10] membahas

tantangan yang terkait dengan peran teknologi digital mobile dalam meningkatkan kualitas konstruksi perumahan dengan fokus pada pengurangan cacat pada saat serah terima. Selanjutnya, penelitian [15] menggarisbawahi tantangan dalam pengembangan metodologi evaluasi degradasi bangunan untuk meningkatkan kualitas dan daya tahan bangunan. Penelitian [16] membahas tantangan terkait dampak pengembangan perumahan di pinggiran kota besar terhadap area hutan dan beban rekreasi pada objek alam yang terjaga, yang memerlukan pendekatan BIM. Sementara itu, penelitian [17] menyoroti tantangan terkait keakuratan dan integritas pemodelan energi berbasis BIM, dengan fokus pada *DesignBuilder* dan *Virtual Environment* (IES-ve). Terakhir, penelitian [18] membahas tantangan terkait risiko peningkatan biaya proyek dan menggarisbawahi dampak positif teknologi BIM dalam mengurangi risiko tersebut. Keseluruhan, penelitian ini memberikan wawasan mendalam tentang tantangan implementasi BIM di sektor perumahan yang mencakup aspek manajemen proyek, manajemen material, kualitas konstruksi, evaluasi degradasi bangunan, dampak lingkungan, keakuratan pemodelan energi, dan manajemen risiko.

C. Desain Dan Kolaborasi Berbasis BIM Dalam Proyek Perumahan

Dalam konteks desain dan kolaborasi berbasis *Building Information Modeling* (BIM) dalam proyek perumahan, sejumlah penelitian memberikan wawasan yang kaya dan relevan. Penelitian [6] membahas sistem Manajemen Ruang Berbasis BIM (BIMSM) untuk proyek konstruksi perkantoran dan meskipun berfokus pada perkantoran, penerapan sistem ini memberikan wawasan terhadap potensi manfaat desain berbasis BIM dalam pengelolaan ruang interior. Menurut penelitian [3] menyoroti hasil studi kasus *Forest City* yang memaparkan pemanfaatan BIM dalam manajemen konstruksi, menekankan visualisasi, koordinasi, dan simulasi sebagai karakteristik kunci BIM yang relevan dalam konteks proyek perumahan. Penelitian [10] [19] membahas tentang identifikasi hubungan antara teknologi, dan kualitas dalam konstruksi perumahan. Penelitian [20] mengulas evolusi konstruksi perumahan bertingkat sejak zaman kuno hingga modern, memberikan wawasan sejarah yang penting untuk perencanaan desain masa kini. Penelitian [21] membahas metode desain dinding geser berbasis *Generative Adversarial Network* (GAN), menggarisbawahi peran teknologi mutakhir dalam

meningkatkan efisiensi desain struktural. Penelitian [22] menyoroti integrasi geoteknik dalam proses perencanaan menggunakan BIM untuk pembangunan perumahan dan memberikan wawasan tentang penggunaan BIM dalam mengatasi tantangan geoteknik. Terakhir, Penelitian [18] membahas pengembangan perangkat lunak otomatis untuk memeriksa kepatuhan regulasi bangunan berbasis BIM.

D. BIM Dan Keberlanjutan Dalam Konstruksi Perumahan

Dalam konteks integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dan keberlanjutan dalam konstruksi perumahan, sejumlah penelitian memberikan wawasan yang penting. Penelitian [7] membahas sertifikasi bangunan berkelanjutan seperti *Green Rating for Integrated Habitat Assessment* (GRIHA), *Indian Green Building Council* (IGBC), dan *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), dengan tujuan mengevaluasi kinerja operasional tindakan keberlanjutan dalam bangunan perumahan. Penelitian [8] memberikan analisis dampak lingkungan *modular construction* dalam konteks perumahan, menekankan kebutuhan akan kerangka *Life Cycle Assessment* (LCA) yang komprehensif untuk mengukur dampak keberlanjutan. Penelitian [23] melakukan analisis jumlah limbah konstruksi dari 159 bangunan perumahan untuk menentukan tingkat generasi limbah per luas lantai bruto. Penelitian [24] mengidentifikasi penyebab keretakan pada dasar beton di banyak pondasi perumahan di Connecticut Timur, menyoroti dampak oksidasi pirit dalam agregat kasar gneiss terhadap kualitas beton. Penelitian [25] memaparkan metode augmentasi objek berbasis *bounding-box* untuk mendeteksi cacat pada fasad bangunan perumahan. Penelitian [26] memberikan tinjauan sistematis terhadap penelitian BIM yang berkontribusi pada desain bangunan hijau dan analisis kinerja bangunan. Terakhir, penelitian [18] membahas integrasi keberlanjutan ke dalam metode BIM untuk pengelolaan efisien keberlanjutan dari awal. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami hubungan antara BIM dan keberlanjutan dalam konteks konstruksi perumahan, memberikan pengetahuan untuk pengembangan praktik terbaik yang mendukung pembangunan berkelanjutan.

E. BIM Dan Efisiensi Biaya Dalam Proyek Perumahan

Dalam analisis BIM dan efisiensi biaya dalam proyek konstruksi perumahan, berbagai hasil penelitian memberikan gambaran yang holistik. Penelitian [3] menyoroti efisiensi manajemen proyek konstruksi perumahan melalui pemanfaatan BIM, dengan penekanan pada deteksi benturan BIM dan pengurangan pekerjaan ulang. Penelitian [5] membahas manajemen material dalam proyek konstruksi perumahan, menunjukkan bahwa dengan menerapkan analisis *Economic Order Quantity* (EOQ), akar penyebab berbagai masalah dapat diidentifikasi dan diatasi. Penelitian [13] melakukan penilaian terhadap pola pengembangan lahan dan potensi pasokan sedimentasi selama konstruksi perumahan. Penelitian [27] memberikan analisis dan peringkat terhadap aktivitas kritis EPC (*Engineering, Procurement, and Construction*) dalam proyek konstruksi perumahan berukuran besar di Iran. Penelitian [28] menyajikan analisis dinamika harga dalam pasar real estat Rusia pada kuartal pertama 2022. Penelitian [29] melakukan identifikasi, klasifikasi, dan prioritas terhadap kelebihan dan kekurangan BIM dalam *Life-Cycle Assessment* (LCA) berbasis penelitian ahli. Gabungan temuan ini memberikan pemahaman mendalam tentang bagaimana implementasi BIM dapat membantu mencapai efisiensi biaya dalam berbagai aspek konstruksi perumahan, menawarkan wawasan berharga bagi para praktisi dan peneliti di industri ini.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Penerapan *Building Information Modeling* (BIM) dalam konstruksi perumahan memiliki manfaat potensial yang signifikan. Studi kasus seperti *Forest City* di Malaysia menunjukkan bahwa implementasi BIM dapat mengurangi pekerjaan ulang dan meningkatkan efisiensi konstruksi. Selain itu, BIM juga terbukti dapat mengurangi limbah, emisi karbon, dan dampak lingkungan secara keseluruhan dalam konteks konstruksi perumahan modular.

Meskipun manfaatnya signifikan, adopsi BIM dalam konstruksi perumahan juga dihadapkan pada beberapa tantangan, seperti kebutuhan akan analisis komprehensif untuk memahami dampaknya, serta hambatan dalam implementasinya. Namun demikian, dengan pemahaman yang mendalam tentang manfaat potensialnya, kolaborasi, dan komunikasi sepanjang siklus hidup proyek konstruksi perumahan, BIM

memiliki potensi untuk menyederhanakan proses dan memfasilitasi pendekatan yang lebih terintegrasi dan kolaboratif di antara pemangku kepentingan.

Dengan demikian, penerapan BIM dalam konstruksi perumahan menawarkan manfaat yang signifikan, namun juga memerlukan pemahaman yang mendalam tentang tantangan dan hambatan yang mungkin dihadapi dalam implementasinya. Dengan pemahaman yang mendalam tentang manfaat potensialnya, kolaborasi, dan komunikasi sepanjang siklus hidup proyek konstruksi perumahan, BIM memiliki potensi untuk menyederhanakan proses dan memfasilitasi pendekatan yang lebih terintegrasi dan kolaboratif pada semua pihak yang berkaitan dengan konstruksi perumahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Salinas and G. Prado, "Building information modeling (BIM) to manage desing and construction phases of Peruvian public projects = Building information modeling (BIM) para la gestión del diseño y construcción de proyectos públicos peruanos," *Building & Management*, vol. 3, no. 2, p. 48, 2019, doi: 10.20868/bma.2019.2.3923.
- [2] J. Pantiga and A. Soekiman, "Kajian Implementasi Building Information Modeling (BIM) di Dunia Konstruksi Indonesia," *Rekayasa Sipil*, vol. 15, no. 2, pp. 104–110, 2021, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2021.015.02.4.
- [3] Y. Rui and L. Y. Wah, "BIM in Precast Construction: A Case Study of Highrise Residential Building," *Journal of ICT, Design, Engineering and Technological Science*, vol. 2, no. 1, pp. 10–15, 2018, doi: 10.33150/jitdets-2.1.2.
- [4] A. S. Isasare and A. N. Bhirud, "Causes and Impact of Rework on Residential Construction Project," *Journal of Advances and Scholarly Researches in Allied Education*, vol. 15, no. 2, pp. 653–656, 2018, doi: 10.29070/15/56946.
- [5] I. Journal, "Construction Materials Management: A case study of Residential Building Construction Project," *Interantional Journal Of Scientific Research In Engineering And Management*, vol. 06, no. 06, 2022, doi: 10.55041/ijrsrem14510.
- [6] G. Ma, X. Song, and S. Shang, "Application of BIM In Cost of Residential Building Construction," *International Journal of Recent Trends in Engineering and Research*, vol. 4, no. 1, pp. 330–337, 2018, doi: 10.23883/ijrter.2018.4040.gbko1.
- [7] M. Hople, "Post Construction Performance of Residential Sustainable Buildings," *SSRN Electronic Journal*, 2019, doi: 10.2139/ssrn.3375926.
- [8] M. Kouhirostami and A. R. Chini, "Carbon emissions comparison in modular and site-built residential construction," *Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings*, pp. 233–240, 2022, doi: 10.29173/mocs287.
- [9] J. Borowska and W. Jezierski, "Heat parameters of multi-sash windows in residential buildings," *Constr Build Mater*, vol. 176, pp. 112–117, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.04.231.
- [10] N. Malik, R. Ahmad, and M. Al-Hussein, "Generation of safe tool-paths for automatic manufacturing of light gauge steel panels in residential construction," *Autom Constr*, vol. 98, pp. 46–60, 2019, doi: 10.1016/j.autcon.2018.11.023.
- [11] S. Rittironk, "Bamboo Composite Beams To Substitute Lumber Framing In Residential Construction," *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, vol. 9, no. 2, 2022, doi: 10.14455/isec.2022.9(2).aac-10.
- [12] R. N. Passarelli, "Environmental Benefits of Reusable Modular Mass Timber Construction for Residential use in Japan: an LCA Approach," *Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings*, pp. 157–164, 2019, doi: 10.29173/mocs89.
- [13] N. S. S. Kasabreh and S. A. Tarawneh, "Investigating the impact of contractor's performance on the success of Jordanian residential construction projects," *International Journal of Construction Management*, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1080/15623599.2018.1560547.
- [14] D. S. Shalina and V. A. Larionova, "Building Information Modeling (BIM) As A Way To Reduce Risks Of The Project Cost Rise,"

- Фундаментальные исследования (Fundamental research), no. №12 2021, pp. 215–222, 2021, doi: 10.17513/fr.43179.
- [15] F. Rodrigues, R. Matos, M. Di Prizio, and A. Costa, “Conservation level of residential buildings: Methodology evolution,” *Constr Build Mater*, vol. 172, pp. 781–786, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.03.129.
- [16] S. I. Lutchenko and V. V. Bosak, “Development of spatial-recreational frame in dense residential areas of megapolis,” *Urban construction and architecture*, vol. 12, no. 2, pp. 168–174, 2022, doi: 10.17673/10.17673/vestnik.2022.02.21.
- [17] M. H. Elnabawi, “Building Information Modeling-Based Building Energy Modeling: Investigation of Interoperability and Simulation Results,” *Front Built Environ*, vol. 6, 2020, doi: 10.3389/fbuil.2020.573971.
- [18] M. Aydın, “Building Information Modeling Based Automated Building Regulation Compliance Checking Asp.net Web Software,” *Intelligent Automation & Soft Computing*, vol. 28, no. 1, pp. 11–25, 2021, doi: 10.32604/iasc.2021.015065.
- [19] Z. Luo and W. Huang, “FloorplanGAN: Vector residential floorplan adversarial generation,” *Autom Constr*, vol. 142, p. 104470, 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2022.104470.
- [20] D. B. Litvintsev, “Evolution of multi-storey residential construction through the prism of sociology,” *Урбанистика*, no. 2, pp. 88–99, 2020, doi: 10.7256/2310-8673.2020.2.32976.
- [21] W. Liao, X. Lu, Y. Huang, Z. Zheng, and Y. Lin, “Automated structural design of shear wall residential buildings using generative adversarial networks,” *Autom Constr*, vol. 132, p. 103931, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103931.
- [22] S. Henke and H. Lerch, “Building Information Modeling (BIM) in der Geotechnik – Aktuelle Entwicklungen und Erfahrungen/Building Information Modeling in Geotechnical Engineering – Recent developments and experiences,” *Bauingenieur*, vol. 95, no. 12, pp. 490–500, 2020, doi: 10.37544/0005-6650-2020-12-56.
- [23] N. Domingo and T. Batty, “Construction waste modelling for residential construction projects in New Zealand to enhance design outcomes,” *Waste Management*, 2020, doi: 10.1016/j.wasman.2020.10.010.
- [24] D. Jana, “Cracking of residential concrete foundations in eastern Connecticut, USA from oxidation of pyrrhotite,” *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, p. e00909, 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2022.e00909.
- [25] K. Lee, S. Lee, and H. Y. Kim, “Bounding-box object augmentation with random transformations for automated defect detection in residential building façades,” *Autom Constr*, vol. 135, p. 104138, 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2022.104138.
- [26] Y.-T. Chang and S.-H. Hsieh, “A review of Building Information Modeling research for green building design through building performance analysis,” *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 25, pp. 1–40, 2020, doi: 10.36680/j.itcon.2020.001.
- [27] K. Kabirifar and M. Mojtahedi, “The impact of Engineering, Procurement and Construction (EPC) Phases on Project Performance: A Case of Large-scale Residential Construction Project,” *Buildings*, vol. 9, no. 1, p. 15, 2019, doi: 10.3390/buildings9010015.
- [28] E. Y. Vasilyeva, “Dynamics of the residential real estate prices in the 1st quarter of 2022,” *Smetno-dogovornaya rabota v stroitel'stve (Estimated and contractual work in construction)*, no. 4, pp. 4–9, 2022, doi: 10.33920/str-01-2204-01.
- [29] S. Seyis, “Mixed Method Review for Integrating Building Information Modeling and Life-Cycle Assessments,” *Build Environ*, p. 106703, 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.106703.