

PARADOKS ADOPSI BIM DI INDONESIA: TINJAUAN SISTEMATIS ATAS EFISIENSI, HAMBATAN, DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

I Kadek Badradnyana Wirapraja Mahatama^{*}, I Putu Ari Sanjaya,
Anak Agung Diah Parami Dewi

Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jimbaran, Bali, Indonesia
^{*}Email: ikbwmahatama@unud.ac.id

ABSTRAK

Industri konstruksi Indonesia didorong oleh mandat pemerintah untuk mengadopsi Building Information Modeling (BIM) guna meningkatkan produktivitas. Namun, sebuah paradoks signifikan terjadi: meskipun bukti efisiensi BIM sangat kuat, adopsi secara luas tetap lambat. Penelitian ini membedah paradoks tersebut melalui tinjauan literatur sistematis (SLR) terhadap 79 studi empiris dalam konteks Indonesia. Analisis mengkonfirmasi bahwa BIM memberikan peningkatan terukur, termasuk penghematan waktu hingga 50% pada tahap perencanaan dan penghindaran biaya pengerjaan ulang yang signifikan. Sebaliknya, penelitian ini mengidentifikasi serangkaian hambatan sistemik yang mengakar, yang dikategorikan menggunakan kerangka *Technology-Organization-Environment* (TOE). Hambatan dominan meliputi biaya investasi tinggi (Organisasi), kekurangan SDM terampil (Organisasi), dan lemahnya permintaan pasar (Lingkungan). Studi ini menyimpulkan bahwa paradoks ini dipertahankan oleh penguatan siklus dari hambatan-hambatan tersebut, sebuah dinamika yang dijelaskan oleh Teori Institusional, di mana norma yang mapan menolak inovasi, dan Teori Adaptasi Teknologi, yang menyoroti ketidakselarasan antara platform BIM global dan standar lokal (SNI). Berbeda dengan negara perintis seperti Inggris, mandat BIM di Indonesia belum didukung oleh standar teknis yang komprehensif, yang mengakibatkan implementasi parsial. Penelitian ini mengusulkan bahwa untuk memutus siklus ini diperlukan strategi ganda: intervensi pemerintah dari atas ke bawah melalui pengembangan standar nasional dan perpustakaan BIM lokal, serta pergeseran pasar dari bawah ke atas menuju model kontrak kolaboratif seperti *Integrated Project Delivery* (IPD) untuk menyelaraskan insentif para pemangku kepentingan.

Kata kunci: *building information modeling (BIM), paradoks adopsi, industri konstruksi indonesia, technology-organisation-environment*

THE BIM ADOPTION PARADOX IN INDONESIA: A SYSTEMATIC REVIEW OF EFFICIENCY, BARRIERS, AND POLICY IMPLICATIONS

ABSTRACT

The Indonesian construction industry is at a critical juncture, with government mandates officially encouraging the adoption of Building Information Modeling (BIM) to enhance productivity. However, a significant paradox persists: despite strong evidence of BIM's substantial efficiency benefits, its widespread adoption remains slow and fragmented. This study investigates this paradox through a systematic literature review (SLR) of 79 empirical studies conducted within the Indonesian context. The analysis confirms that BIM offers measurable improvements, including up to 50% time savings during the planning phase and significant cost avoidance from rework, amounting to hundreds of millions of rupiah. Conversely, the study identifies a set of deeply rooted systemic barriers, categorized using the *Technology–Organization–Environment* (TOE) framework. The most prominent barriers include high initial investment costs (Organisational), a severe shortage of skilled professionals (Organisational), and limited market demand from clients (Environmental). The persistence of this paradox is explained by a cyclical reinforcement of these barriers, a dynamic captured by Institutional Theory, which describes how entrenched norms resist innovation, and Technology Adaptation Theory, which highlights the misalignment between global BIM platforms and local standards (SNI). In contrast to pioneer countries like the UK, Indonesia's BIM mandate lacks comprehensive technical standards, resulting in partial implementation. This study proposes a dual-pronged strategy to break the cycle: top-down government intervention through the development of national standards and a localised BIM component library, and bottom up, market-driven adoption of collaborative contracting models such as *Integrated Project Delivery* (IPD) to align stakeholder incentives.

Keywords: *building information modeling (BIM), adoption paradox, indonesian construction industry, technology-organisation-environment*

1 PENDAHULUAN

Industri konstruksi Indonesia merupakan pilar fundamental bagi pertumbuhan ekonomi nasional, namun secara historis menghadapi tantangan produktivitas yang rendah, pembengkakan biaya, dan keterlambatan proyek (Sopaheluwakan and Adi, 2020). Sebagai respons, transformasi digital melalui *Building Information Modeling* (BIM) sebuah proses kolaboratif berbasis model cerdas telah menjadi agenda prioritas, didorong oleh mandat pemerintah melalui Peraturan Menteri PUPR No. 22/2018 (Sopaheluwakan and Adi, 2020). Meskipun demikian, tingkat adopsi di lapangan masih rendah dan tidak merata, menciptakan sebuah paradoks antara potensi teknologi yang terbukti dan realitas implementasi (Roy and Firdaus, 2020).

Paradoks ini mencerminkan ketidaksiapan sistemik yang bersifat sosio-teknis. Fenomena ini dapat dianalisis melalui dua kerangka teoretis utama. Pertama, Teori Institusional, yang menjelaskan bagaimana norma, budaya, dan praktik birokrasi yang telah mapan dalam industri menghambat difusi inovasi yang disruptif (Taylor and Levitt, 2004). Kedua, Teori Adaptasi Teknologi, yang menyoroti ketidakselarasan antara teknologi dan konteks lokal, seperti konflik fungsionalitas perangkat lunak BIM dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) (Rogers, 2003; Saputra et al., 2024).

Secara kebijakan, BIM di Indonesia masih pada tahap awal jika dibandingkan dengan negara lain. Berbeda dengan Inggris yang mewajibkan BIM Level 2 untuk proyek publik sejak 2016 dan didukung oleh standar teknis operasional yang matang, mandat Indonesia (Permen PUPR 22/2018) belum disertai ekosistem pendukung yang komprehensif, mengakibatkan implementasi yang cenderung parsial (Sopaheluwakan and Adi, 2020). Analisis komparatif dengan negara berkembang lain seperti Malaysia, Vietnam, dan India menunjukkan adanya hambatan serupa, terutama terkait biaya investasi, kesenjangan kompetensi, dan kurangnya standar nasional, yang mengindikasikan bahwa tantangan ini bersifat umum di pasar yang sedang berkembang (Gamil and Rahman, 2019; Nguyen and Nguyen, 2021; Gattupalli, 2025). Penelitian ini bertujuan untuk membedah paradoks adopsi di Indonesia dengan mensintesis bukti efisiensi, memetakan hambatan secara sistematis, dan merumuskan rekomendasi strategis yang dapat ditindaklanjuti.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Konsep Inti Building Information Modeling (BIM)

Building Information Modeling (BIM) secara fundamental adalah sebuah proses kolaboratif yang didasarkan pada model digital cerdas yang mengandung informasi terintegrasi. Lebih dari sekadar pemodelan tiga dimensi (3D), BIM mencakup seluruh siklus hidup proyek, mulai dari perencanaan, perancangan, konstruksi, hingga operasional dan pemeliharaan (Sopaheluwakan and Adi, 2020). Esensi dari BIM terletak pada kemampuannya untuk berfungsi sebagai sumber informasi tunggal yang terkoordinasi (*single source of truth*), yang memungkinkan seluruh pemangku kepentingan proyek untuk berkolaborasi secara efektif, mendeteksi potensi konflik (*clash detection*), mengoptimalkan jadwal (4D), dan mengendalikan biaya (5D) dengan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode tradisional (Nur Sholeh et al., 2020; Utomo et al., 2022).

2.2 Kerangka Teoretis Adopsi Teknologi dan Inovasi

Untuk menganalisis kompleksitas adopsi BIM, penelitian ini mengacu pada dua kerangka teoretis utama. Pertama, kerangka *Technology-Organization-Environment* (TOE) dimana kerangka ini mengklasifikasikan faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan organisasi untuk mengadopsi inovasi teknologi ke dalam tiga konteks: karakteristik teknologi itu sendiri (misalnya, interoperabilitas), kapabilitas internal organisasi (misalnya, biaya investasi dan ketersediaan SDM), dan faktor eksternal dari lingkungan industri (misalnya, permintaan pasar dan regulasi pemerintah) (Baker, 2011).

Kedua, Teori Institusional digunakan untuk memahami mengapa industri dengan norma dan praktik yang sudah mengakar kuat cenderung menolak inovasi yang disruptif. Teori ini menyatakan bahwa organisasi tidak hanya bertindak berdasarkan rasionalitas teknis-ekonomis, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh tekanan untuk menyesuaikan diri dengan aturan, budaya, dan ekspektasi yang berlaku di lingkungannya (Taylor and Levitt, 2004). Dalam konteks konstruksi, resistensi terhadap BIM dapat dilihat sebagai respons terhadap ancaman terhadap struktur kerja, hubungan kontraktual, dan alur informasi yang sudah mapan.

2.3 Hambatan Adopsi BIM: Perspektif Global dan Nasional

Studi mengenai adopsi BIM secara global menunjukkan adanya pola hambatan yang serupa, terutama di negara-negara berkembang. Penelitian di Malaysia, Vietnam, dan India secara konsisten mengidentifikasi tantangan-tantangan utama seperti tingginya biaya investasi awal, kurangnya tenaga ahli yang terampil, keengganan untuk berubah dari praktik tradisional, dan ketiadaan standar serta mandat pemerintah yang kuat (Gamil and Rahman, 2019; Nguyen and Nguyen, 2021; Gattupalli, 2025).

Temuan-temuan internasional ini sangat relevan dengan konteks Indonesia. Analisis literatur nasional mengonfirmasi bahwa biaya investasi yang tinggi dan kesenjangan kompetensi menjadi dua hambatan paling dominan (Nur Sholeh et al., 2020; Roy and Firdaus, 2020). Secara spesifik, tantangan di Indonesia diperparah oleh ketidakselarasan antara platform BIM global dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), misalnya pada detail teknis penulangan baja, yang dapat menurunkan kepercayaan praktisi terhadap keandalan teknologi tersebut (Saputra et al., 2024).

2.4 Kontrak Kolaboratif sebagai Mekanisme Pendorong Adopsi

Salah satu akar masalah lambatnya adopsi BIM adalah model kontrak tradisional (*Design-Bid-Build*) yang bersifat adversarial dan menciptakan fragmentasi insentif. Model ini menyebabkan pihak yang menanggung biaya investasi BIM (biasanya kontraktor) tidak selalu menjadi pihak yang menikmati manfaat efisiensinya secara maksimal. Sebagai solusi, model kontrak kolaboratif seperti *Integrated Project Delivery* (IPD) muncul sebagai sebuah kerangka kerja yang terbukti efektif. IPD mengikat seluruh pemangku kepentingan utama (pemilik, perancang, dan kontraktor) dalam satu kontrak tunggal yang menyertakan mekanisme bagi hasil berdasarkan keberhasilan proyek (AIA National and AIA California Council, 2007). Studi kasus seperti pada proyek Mosaic Centre menunjukkan bahwa pendekatan IPD secara drastis dapat memotong jadwal proyek dan meningkatkan kolaborasi, sehingga secara langsung mengatasi dilema "fragmentasi manfaat versus konsentrasi biaya" (Fanani and Setiawan, 2024). Dengan demikian, adopsi kontrak kolaboratif menjadi salah satu pendorong fundamental untuk menciptakan lingkungan di mana manfaat BIM dapat direalisasikan secara kolektif.

3 METODE

Penelitian ini dirancang sebagai studi kualitatif deskriptif dengan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR). Data yang digunakan adalah data sekunder yang berasal dari 79 publikasi ilmiah yang relevan dengan topik adopsi BIM di Indonesia. Sumber data mencakup spektrum yang luas, mulai dari jurnal internasional terindeks Scopus, jurnal nasional terakreditasi Sinta, prosiding konferensi internasional dan nasional, hingga laporan penelitian akademik (tugas akhir/tesis) dari repositori universitas di Indonesia. Keragaman sumber ini memastikan analisis tidak hanya didasarkan pada penelitian berstandar internasional tetapi juga menangkap temuan-temuan spesifik dari konteks lokal.

Proses seleksi literatur dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang terdefinisi dengan jelas guna menjamin relevansi dan kualitas studi yang dianalisis. Dari total 167 literatur yang dikumpulkan pada tahap awal, sebanyak 79 studi terpilih setelah melalui proses seleksi ketat dan menjadi dasar utama dalam analisis penelitian ini.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Literatur

Kriteria	Keterangan
Inklusi	Artikel secara eksplisit membahas implementasi, dampak, atau hambatan BIM. Studi berfokus pada industri konstruksi di Indonesia. Merupakan publikasi ilmiah (jurnal, prosiding, tesis/disertasi). Teks lengkap (<i>full text</i>) dapat diakses untuk ekstraksi data.
Eksklusi	Artikel duplikat dari sumber yang berbeda Artikel yang hanya menyebut BIM secara sepintas tanpa analisis mendalam Studi yang berfokus sepenuhnya pada negara lain tanpa relevansi langsung Artikel yang hanya tersedia dalam bentuk abstrak

Teknik analisis data yang digunakan adalah sintesis tematik-naratif. Untuk menganalisis hambatan implementasi secara sistematis, penelitian ini mengadopsi kerangka *Technology-Organization-Environment* (TOE). Kerangka TOE adalah model analisis yang mengklasifikasikan faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi teknologi ke dalam tiga konteks:

- 1. Teknologi (karakteristik teknologi itu sendiri),
- 2. Organisasi (karakteristik internal perusahaan),
- 3. Lingkungan (konteks eksternal seperti pasar dan regulasi)(Baker, 2011).

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Validasi Empiris Potensi Efisiensi BIM

Hasil literatur mengindikasikan secara konsisten bahwa penerapan BIM memberikan keunggulan efisiensi yang signifikan. Tabel 2 merangkum beberapa temuan kuantitatif yang paling signifikan dari berbagai studi kasus di Indonesia.

Tabel 2. Ringkasan Bukti Kuantitatif Efisiensi BIM di Indonesia

No.	Sumber Referensi	Jenis Proyek	Dimensi Efisiensi	Temuan Kuantitatif Utama
1	(Sinaga and Husin, 2021)	Gedung Bertingkat	Waktu	-32,17% durasi proyek (hemat 139 hari)
2	(Sholeh et al., 2020)	Proyek Konstruksi	Waktu & Biaya	-50% waktu perencanaan; -52,36% biaya tenaga kerja perencanaan
3	(Tanne et al., 2025)	Gedung Bank	Biaya	Rp 269,3 Juta biaya <i>rework</i> dihindari
4	(Utomo et al., 2022)	Jembatan	Biaya (Risiko)	Mencegah potensi kenaikan biaya +64,02% akibat kesalahan desain fatal
5	(Manurung et al., 2022)	Gedung Pemerintahan	Waktu	-64% waktu proses estimasi biaya
6	(Fitriani et al., 2022)	Gedung Kantor	Kualitas (Energi)	-61,21% konsumsi energi operasional
7	(Sapitri et al., 2024)	Struktur Gedung	Biaya (Material)	-10,83% volume besi tulangan
8	(Larasati et al., 2020)	Apartemen	Kualitas (Akurasi)	93,7% akurasi volume material BIM vs. pesanan aktual

4.2 Analisis Hambatan Implementasi

Meskipun potensinya terbukti, adopsi BIM terhambat oleh serangkaian tantangan sistemik. Dengan menggunakan kerangka TOE, Tabel 3 memetakan hambatan-hambatan kritis yang teridentifikasi dari literatur.

Tabel 3. Pemetaan Hambatan Kritis Implementasi BIM di Indonesia

Peringkat	Kategori (TOE)	Hambatan Spesifik	Frekuensi Kemunculan	Contoh Sumber Kunci
1	Organisasi	Kurangnya Pengetahuan, Keterampilan, dan Pelatihan SDM	Sangat Tinggi (>15 studi)	(Zhabrinna et al., 2018; Roy and Firdaus, 2020)
2	Organisasi	Biaya Investasi Awal Tinggi (Software, Hardware)	Sangat Tinggi (>15 studi)	(Yanda et al., 2019; Sholeh et al., 2020)
3	Lingkungan	Kurangnya Permintaan dari Klien / Pemilik Proyek	Tinggi (>5 studi)	(Roy and Firdaus, 2020)
4	Organisasi	Resistensi terhadap Perubahan / Budaya Kerja Lama	Tinggi (>5 studi)	(Mieslenna and Wibowo, 2019; Utama et al., 2025)
5	Teknologi	Masalah Interoperabilitas & Ketidakselarasan dengan SNI	Sedang (<5 studi)	(Chandra et al., 2017; Saputra et al., 2024)
6	Teknologi	Keterbatasan <i>BIM Library</i> Lokal	Sedang (<5 studi)	(Primasetra et al., 2024)

4.3 Dinamika Penguatan Siklis Hambatan

Paradoks adopsi BIM di Indonesia dipertahankan oleh interaksi kompleks yang menciptakan sebuah siklus penguatan hambatan. Dinamika ini terjadi karena adanya fragmentasi manfaat versus konsentrasi biaya. Manfaat terbesar BIM bersifat kolektif dan baru terasa maksimal jika seluruh pemangku kepentingan berkolaborasi. Namun, beban biaya investasi bersifat individual. Dalam model kontrak tradisional yang adversarial, tidak ada mekanisme untuk berbagi risiko dan keuntungan, sehingga pihak yang menanggung biaya di awal tidak memiliki insentif yang cukup (Larasati et al., 2020). Hal ini menciptakan siklus di mana rendahnya permintaan dari klien menghilangkan insentif bagi penyedia jasa untuk berinvestasi dalam teknologi dan SDM, yang pada gilirannya memperkuat keengganan klien untuk mewajibkan BIM (Roy and Firdaus, 2020).

4.4 Rekomendasi Strategis

Untuk mengakselerasi adopsi BIM yang efektif, diperlukan intervensi terkoordinasi yang disajikan dalam matriks aksi pada Tabel 4.

Tabel 4: Matriks Rekomendasi Strategis untuk Akselerasi Adopsi BIM di Indonesia

Aktor	Rekomendasi	Indikator Keberhasilan (KPI) & Justifikasi	Target Waktu
Pemerintah	1. Bangun Perpustakaan BIM Nasional berbasis SNI Mengembangkan platform berisi komponen digital material dan produk lokal yang terstandar.	500+ komponen terstandar di platform nasional. (Justifikasi: Berdasarkan analisis kebutuhan material pada proyek-proyek strategis pemerintah tahunan).	2027
	2. Insentif Fiskal untuk UKM Memberikan subsidi atau keringanan pajak untuk pembelian software dan pelatihan BIM bagi perusahaan skala kecil dan menengah.	100+ UKM memanfaatkan insentif per tahun. (Justifikasi: Menargetkan 5% dari total UKM konstruksi terdaftar untuk mendorong adopsi di segmen mayoritas).	2026-2028
Industri	1. Adopsi Kontrak Kolaboratif (IPD) Mendorong penggunaan model kontrak yang menyertakan klausul bagi hasil efisiensi untuk menyelaraskan insentif.	20% proyek BUMN Karya baru menggunakan elemen kontrak kolaboratif. (Justifikasi: BUMN sebagai pionir untuk menciptakan preseden pasar).	2028
	2. Pelatihan Manajemen Perubahan Program internal perusahaan untuk mitigasi resistensi budaya kerja, dengan keterlibatan aktif dari manajemen puncak.	Peningkatan skor kesiapan perubahan budaya sebesar 25% dalam survei internal tahunan perusahaan. (Justifikasi: Mengatasi hambatan organisasional paling kritis).	Berkelanjutan
Akademisi	1. Sertifikasi BIM Terjangkau Mengembangkan program sertifikasi kompetensi BIM yang terstandar, diakui, dan berbiaya rendah.	500+ praktisi industri tersertifikasi per tahun. (Justifikasi: Menargetkan penutupan 10% dari proyeksi kesenjangan talenta digital tahunan).	2027
	2. Dukungan Pelatihan Kolaborasi pemerintah-akademi menyediakan platform pelatihan BIM daring yang terjangkau atau gratis untuk mahasiswa dan praktisi.	Platform pelatihan nasional diluncurkan dengan 10.000+ pengguna aktif. (Justifikasi: Demokratisasi akses terhadap pendidikan BIM).	2027

4.5 Keterbatasan dan Agenda Riset Masa Depan

Penelitian ini memiliki keterbatasan utama terkait bias geografis. Temuan penelitian didominasi studi dari Pulau Jawa (diperkirakan 75%), sehingga generalisasi untuk wilayah Timur Indonesia memerlukan kehati-

hatian. Studi Kampilong dkk. (2025) menunjukkan konektivitas digital dan rantai pasok menjadi tantangan unik di wilayah ini, yang mungkin tidak sepenuhnya tercermin dalam data mayoritas (Kampilong et al., 2025).

Oleh karena itu, agenda riset di masa depan harus diarahkan pada:

1. Studi longitudinal mengenai *Return on Investment* (ROI) adopsi BIM bagi UKM
2. Riset pengembangan untuk menciptakan solusi teknis (*plugin*) yang menjembatani platform global dengan SNI
3. Studi komparatif implementasi BIM pada proyek pemerintah versus swasta untuk memahami dampak nyata dari kebijakan mandat
4. Studi implementasi BIM di wilayah non-Jawa dengan pendekatan *community-based training* dan infrastruktur digital terbatas untuk mengatasi kesenjangan digital.

5 KESIMPULAN

Paradoks adopsi BIM di Indonesia terjadi bukan karena kurangnya bukti efisiensi, melainkan karena adanya hambatan sistemik yang saling mengunci. Akar masalahnya adalah ketidakselarasan antara tuntutan kolaboratif kerangka kerja digital BIM dengan praktik industri yang masih terfragmentasi dan didukung oleh model kontrak tradisional. Untuk memutus siklus ini, diperlukan pendekatan ganda. Pertama, intervensi pemerintah yang kuat dari atas ke bawah untuk menciptakan standar nasional dan ekosistem data yang mendukung. Kedua, pergeseran pasar dari bawah ke atas menuju model kontrak kolaboratif seperti Integrated Project Delivery (IPD), yang terbukti berhasil di negara lain dalam menyelaraskan insentif dan mendorong kolaborasi sejati (AIA National and AIA California Council, 2007; Fanani and Setiawan, 2024).

DAFTAR PUSTAKA

- AIA National and AIA California Council. 2007. Integrated Project Delivery : A Guide. *The American Institute of Architects*, 1(1): 62.
- Baker, J. 2011. The Technology–Organization–Environment Framework. In *Information Systems Theory* (pp. 231–245).
- 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.
- Fanani, M.R., Setiawan, A. 2024. Implementasi BIM Dalam Integrated Project Delivery Untuk Menentukan Kompensasi Risk/Reward (Studi Kasus: Mosaic Centre, Kanada). *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 13(4): 207–216.
- Fitriani, H., Rifki, M., Foralisa, M., Muhtarom, A. 2022. Investigation of Energy Saving Using Building Information Modeling for Building Energy Performance in Office Building. *Civil Engineering and Architecture*, 10(4): 1280–1292.
- Gamil, Y., Rahman, I. 2019. Awareness and Challenges of Building Information Modelling (BIM) Implementation in the Yemen Construction Industry. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 17.
- Gattupalli, A. 2025. Barriers to BIM: Why India's Construction Culture Slows Technology Adoption. [cited 6 August 2025]. Available from: URL: <https://www.archdaily.com/1032759/barriers-to-bim-why-indias-construction-culture-slows-technology-adoption>
- Kampilong, J.K., Karauwan, W., Suatan, M., Merentek, T.C., Korua, S.R.N. 2025. Sustainable Leadership Innovation Capability (SLIC): Enhancing Organizational Sustainability Performance in the Construction Industry. *Sustainable Futures*, 10(December 2024): 101016.
- Larasati, D., Hanifah, Y., Willis, F.A., Nugrahanti, F.I., Lubis, I.H. 2020. BIM Implementation to Improve Construction Work Performance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 532(1).
- Manurung, E.H., Hutagaol, K., Putrafakhmi, D. 2022. Analisis Perbandingan Waktu Dalam Estimasi Biaya Pekerjaan Struktur Proyek Gedung Presisi 5 Polri: Metode Konvensional Vs BIM 5D. *Jurnal Riset Ilmiah*, 1(01): 15–18.
- Mieslenna, C.F., Wibowo, A. 2019. Mengeksplorasi Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Industri Konstruksi Indonesia Dari Perspektif Pengguna Exploring The Implementation Of Building Information Modeling (BIM) In The Indonesian Construction Industry From Users ' Perspecti. *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum*, 11(1): 44–58.
- Nguyen, T.Q., Nguyen, D.P. 2021. Barriers in Bim Adoption and the Legal Considerations in Vietnam. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(1): 283–295.
- Nur Sholeh, M., Fauziyah, S., Radian Khasani, R. 2020. Effect of Building Information Modeling (BIM) on Reduced Construction Time-Costs: A Case Study. *E3S Web of Conferences*, 202: 1–7.
- Primasetra, A., Larasati, D., Wonorahardjo, S. 2024. Factors Affecting BIM (Building Information Modeling) Utilization Based on Stakeholder Perceptions in Indonesia. *International Journal on Advanced Science*,

- Engineering and Information Technology*, 14(1): 259–267.
- Rogers, E.M. 2003. *Diffusion of Innovations*, 5th Edition. Free Press.
- Roy, A.F. Van, Firdaus, A. 2020. Building Information Modelling in Indonesia: Knowledge, Implementation and Barriers. *Journal of Construction in Developing Countries*, 25(2): 199–217.
- Sapitri, Subagja, R., Annisa, B. 2024. Estimasi Quantity Take Off Dan Simulasi Progress Pekerjaan Struktur Dengan Pendekatan Building Information Modeling. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 13(2): 103–112.
- Saputra, H., Pratama, R., Tita, E.E., Yusa, M. 2024. Comparative Analysis of Quantity Take-Off Material Between Conventional Method & BIM Nemetschek Allplan Method on Bridge. *Civil Engineering and Architecture*, 12(4): 2622–2633.
- Sholeh, M.N., Nurdiana, A., Setiabudi, B., Suharjono. 2020. Identification of Potential Uses of Building Information Modeling (BIM) for Construction Supply Chain Management: Preliminary Studies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 448(1).
- Sinaga, T., Husin, A.E. 2021. Analysis of Time Efficiency with Ccpm Method and Bim in Construction Projects Construction of High-Rise Residential Building Basement. *Civil Engineering and Architecture*, 9(5): 1465–1477.
- Sopaheluwakan, M.P., Adi, T.J.W. 2020. Adoption and Implementation of Building Information Modeling (BIM) by the Government in the Indonesian Construction Industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 930(1).
- Tanne, Y.A., Rivana, D., Ramadan, R., Farhani, S. 2025. BIM For Efficiency And Sustainability In Construction: A Case Study In Indonesia. *Discover Civil Engineering*, 2(1).
- Taylor, J.E., Levitt, R.E. 2004. *Understanding and managing systemic innovation in project-based industries* *Understanding and managing systemic innovation in project-based industries Lieberman Graduate Fellow, Stanford University Raymond E . Levitt Professor of Civil and Environmental E.* (December 2014).
- Utama, S.F., Negara, K.P., Wijatmiko, I. 2025. Understanding Barriers of BIM-Based Knowledge Management System: A Case Study of Indonesian State-Owned Construction Enterprises. *BIO Web of Conferences*, 159: 1–11.
- Utomo, M.A.T., Putra, A.B., Farrel, Novandy. 2022. Study of Model Design Changes on Volume and Superposition Using Building Information Modelling - Based Technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 998(1).
- Yanda, G., Amin, M., Soehari, T.D. 2019. Investment, Returns, and Risk of Building Information Modeling (BIM) Implementation in Indonesia's Construction Project. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1): 5159–5166.
- Zhabrinna, Davies, R.J., Pratama, M.M.A., Yusuf, M. 2018. *BIM adoption towards the sustainability of construction industry in Indonesia*. 06003: 1–8.