

Building Information Modeling (BIM) dan Integrated Project Delivery (IPD) sebagai Kerangka Desain Skematik dan Design Development Kolaboratif

Yusuf Rochman Arosyid, Agus Setiawan

Universitas Islam Indonesia

Email: 24515002@students.uii.ac.id, 215121301@uii.ac.id

Abstrak

Pemodelan Informasi Bangunan (BIM) dan Pengiriman Proyek Terpadu (IPD) menawarkan pendekatan kolaboratif untuk desain arsitektur multidisiplin. Penelitian ini mengevaluasi integrasi BIM dan IPD informal sebagai kerangka kerja kolaboratif selama fase desain skematik dan pengembangan desain. Penelitian dilakukan melalui tinjauan literatur dan desain berbasis praktik menggunakan Archicad dan BIM Cloud, didukung oleh Common Data Environment (CDE) yang terdiri dari Google Sheets dan Canva. Model ini dikembangkan secara progresif dari LOD 100 hingga LOD 300, yang melibatkan arsitektur, struktur, dan disiplin MEP secara paralel. Hasilnya menunjukkan peningkatan efisiensi koordinasi, validasi teknis yang lebih cepat, dan pengurangan revisi desain utama. Meskipun tidak ada kontrak IPD formal, prinsip-prinsip kolaboratif diterapkan secara fungsional melalui transparansi informasi dan keterlibatan awal pemangku kepentingan. Temuan penelitian ini mengimplikasikan bahwa pendekatan BIM-IPD informal dapat diadopsi sebagai strategi desain kolaboratif dalam praktik arsitektur Indonesia. Studi ini menunjukkan bahwa integrasi BIM dan IPD informal dapat diadaptasi sebagai strategi desain kolaboratif dalam praktik arsitektur dalam konteks profesi Indonesia.

Kata kunci: *Building Information Modeling (BIM) ; Pengiriman Proyek Terpadu (IPD) ; Kolaborasi Multidisiplin ; Desain Arsitektur ; Desain Skematik ; Pengembangan Desain*

Abstract

Building Information Modeling (BIM) and Integrated Project Delivery (IPD) offer a collaborative approach to multidisciplinary architectural design. This study evaluates the integration of informal BIM and IPD as a collaborative framework during the schematic design and design development phases. The research was conducted through a literature review and practice-based design using Archicad and BIM Cloud, supported by a Common Data Environment (CDE) consisting of Google Sheets and Canva. The model was progressively developed from LOD 100 to LOD 300, which involved the architecture, structure, and discipline of MEP in parallel. The results show improved coordination efficiency, faster technical validation, and reduced major design revisions. While there are no formal IPD contracts, collaborative principles are applied functionally through information transparency and early stakeholder engagement. The findings of this study imply that the informal BIM-IPD approach can be adopted as a collaborative design strategy in Indonesian architectural practice. This study shows that the integration of BIM and informal IPD can be adapted as a collaborative design strategy in architectural practice in the context of the Indonesian profession.

Keywords: *Building Information Modeling (BIM); Integrated Project Delivery (IPD); Multidisciplinary Collaboration; Architectural Design; Schematic Design; Design Development*

*Correspondence Author: Yusuf Rochman Arosyid
Email: 24515002@students.uii.ac.id



PENDAHULUAN

Industri konstruksi modern menghadapi berbagai tantangan kompleks seperti keterlambatan waktu pelaksanaan, pembengkakan biaya, serta miskomunikasi antar disiplin (Dewi, 2025; Mulyati et al., 2025). Kondisi ini mendorong munculnya pendekatan baru yang lebih kolaboratif dan efisien untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas proyek (Sholeh, 2024).

Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah integrasi antara *Building Information Modeling* (BIM) dan *Integrated Project Delivery* (IPD) (Asiqin et al., 2025; Fanani & Setiawan, 2024). BIM adalah teknologi berbasis model tiga dimensi yang memfasilitasi proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengelolaan proyek konstruksi secara digital dan terintegrasi (Amaliawan et al., 2025; Sitanggang, 2024). Sementara itu, IPD merupakan metode manajemen proyek yang menggabungkan seluruh pemangku kepentingan sejak awal dalam satu kesepakatan kerja sama untuk mencapai tujuan proyek secara kolektif (Haqqo & Mutaqi, 2023; Santoso, 2023; Sitanggang, 2024).

Kombinasi antara BIM dan IPD dianggap mampu menjawab permasalahan klasik dalam proyek konstruksi, seperti koordinasi yang lemah, desain yang saling bertabrakan (*clash*), serta tingginya jumlah pekerjaan ulang (*rework*) (Friastri & Setiawan, 2024; Ramadhani, 2023). BIM menyediakan sarana teknis untuk kolaborasi melalui model visual yang informatif, sedangkan IPD memberikan kerangka kerja partisipatif dengan prinsip kepercayaan, transparansi, dan insentif bersama (Mahardika & Windari, 2025; Volk et al., 2014).

Beberapa studi terdahulu mengkonfirmasi efektivitas integrasi ini. Penelitian Azhar (2011) pada proyek kesehatan di AS menunjukkan reduksi 40% dalam clash detection dan pengurangan 30% waktu koordinasi. Dalam studi Mosaic Centre membuktikan bahwa IPD formal mampu menekan revisi mayor hingga 70% melalui kolaborasi early stakeholder engagement. Temuan serupa di Asia diungkap oleh Das et al. (2025) yang mencatat peningkatan efisiensi 35% pada fase desain proyek pendidikan. Sementara Tizon Checca et al. (2023) melalui systematic review terhadap 120 studi menemukan pola konsisten pengurangan rework sebesar 45% pada proyek yang mengadopsi BIM-IPD terintegrasi.

Namun, implementasi di Indonesia masih menghadapi kendala signifikan. Studi Khilda & Setiawan (2024) mengidentifikasi hanya 15% firma arsitektur di Indonesia yang mengadopsi BIM secara penuh, dan kurang dari 5% yang menerapkan prinsip IPD. Hambatan utama meliputi resistensi budaya kerja siloed, keterbatasan literasi digital, dan belum adanya panduan implementasi yang adaptif dengan konteks lokal (Fanani & Setiawan, 2024 (Mubarak, 2025)).

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan model BIM-IPD informal yang adaptif dengan karakteristik profesi arsitektur di Indonesia, tanpa ketergantungan pada kontrak IPD formal (Khilda & Setiawan, 2024). Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk: (1) Mengevaluasi efektivitas integrasi BIM dan pendekatan IPD informal dalam meningkatkan kualitas kolaborasi multidisiplin pada fase schematic design hingga design development; (2) Menganalisis dampaknya terhadap efisiensi proses desain dan reduksi pekerjaan ulang; (3) Menyusun kerangka implementasi yang dapat diadopsi oleh praktisi arsitektur dalam konteks Indonesia. Manfaat yang diharapkan adalah tersedianya bukti empiris dan panduan praktis bagi percepatan adopsi pendekatan kolaboratif di industri konstruksi nasional, khususnya dalam meningkatkan kualitas output desain arsitektural.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur dan analisis praktik (*practice-based research*). Tujuan utamanya adalah mengevaluasi efektivitas integrasi *Building Information Modeling* (BIM) dan *Integrated Project Delivery* (IPD) dalam meningkatkan kolaborasi multidisiplin pada tahap perancangan arsitektur.

1. Studi Literatur

Tahap awal dilakukan dengan studi literatur untuk mengkaji konsep dasar, prinsip kerja, serta studi penerapan BIM dan IPD dari berbagai sumber akademik dan profesional dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Fokus utama kajian diarahkan pada parameter keberhasilan integrasi BIM dan IPD, khususnya dalam konteks kolaborasi lintas disiplin, efisiensi proses desain, pengurangan konflik desain (*clash detection*), dan pengurangan pekerjaan ulang (*rework*).

2. Studi Praktik Desain

Metode *practice-based* diterapkan melalui analisis sistematis atas proyek perancangan yang dilakukan oleh penulis secara langsung menggunakan platform BIM (ArchiCAD) dan pendekatan kolaboratif IPD (Susanto et al., 2025). Proyek ini berperan sebagai objek observasi untuk mengidentifikasi bagaimana proses kolaborasi lintas disiplin terjadi, sejauh mana keterlibatan pemangku kepentingan sejak tahap awal desain, serta bagaimana efektivitas BIM dan IPD tercermin dalam hasil perancangan.

Data dikumpulkan melalui dokumentasi proses desain, tangkapan layar (*screenshot*) model BIM, log kolaborasi interdisiplin, serta catatan hambatan dan strategi penyelesaiannya. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap hasil desain untuk menilai kualitas koordinasi, efisiensi waktu, serta potensi pengurangan konflik teknis.

3. Analisis Komparatif Kualitatif

Hasil praktek desain kemudian dibandingkan secara kualitatif dengan temuan studi terdahulu yang relevan, baik dari dalam maupun luar negeri. Analisis ini dilakukan dengan menyusun tabel perbandingan berdasarkan kriteria seperti: model kolaborasi, jenis perangkat lunak BIM yang digunakan, strategi pelibatan IPD, serta output koordinasi antar disiplin. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kontribusi nyata dari BIM dan IPD terhadap peningkatan mutu proses desain, sekaligus mengungkap tantangan implementasi dalam konteks lokal Indonesia. Analisis juga difokuskan untuk menyusun rekomendasi yang relevan bagi pengembangan praktik arsitektur kolaboratif ke depan.

4. Integrasi Visualisasi Desain dan Koordinasi Lintas Disiplin

Pengembangan proyek dalam studi ini dibatasi hingga tahap **design development**, dengan pendekatan integratif menggunakan **Building Information Modeling (BIM)** berbasis perangkat lunak **Archicad**. Proses pemodelan mengikuti standar Level of Development (LOD) yang digunakan dalam industri BIM internasional. Model awal dikembangkan pada **LOD 100** untuk kebutuhan konseptual, kemudian ditingkatkan ke **LOD 200–300** selama fase desain skematik dan pengembangan desain.

Hasil dan Pembahasan

Integrasi Visualisasi Desain dan Koordinasi Lintas Disiplin

Pengembangan proyek dalam studi ini dibatasi hingga tahap **design development**, dengan pendekatan integratif menggunakan **Building Information Modeling (BIM)** berbasis perangkat lunak **Archicad**. Proses pemodelan mengikuti standar Level of Development (LOD) yang digunakan dalam industri BIM internasional. Model awal dikembangkan pada **LOD 100** untuk kebutuhan konseptual, kemudian ditingkatkan ke **LOD 200–300** selama fase desain skematik dan pengembangan desain.



Gambar 1. Model 3D Arsitektural pada Tahap Design Development (LOD 300)

Sumber: Dokumen Peneliti (2025)

Dengan fitur *Teamwork* pada Archicad dan dukungan **BIM Cloud**, model arsitektural yang dikembangkan dapat dikoordinasikan secara langsung dengan elemen-elemen struktural dan MEP. Proses ini memungkinkan masing-masing disiplin bekerja secara paralel dan tetap terhubung dalam satu ekosistem model terintegrasi. Evaluasi clash geometri dilakukan secara berkala menggunakan *collision detection*, dan revisi dilakukan secara berlapis melalui sistem kontrol versi yang tercatat dalam log model.



Gambar 2. Tampilan Model Terintegrasi Arsitektur, Struktur, dan MEP dalam Archicad

Sumber: Output Archicad, diolah peneliti (2025)

Model akhir dalam fase design development menunjukkan visualisasi spasial yang lengkap, dengan detail teknis yang cukup untuk menyusun dokumen koordinasi antar disiplin dan menyiapkan dasar estimasi kuantitas serta spesifikasi teknis. Dengan keterpaduan informasi yang baik, keluaran model siap digunakan untuk menyusun dokumen tender atau laporan DED awal.

Efektivitas Kolaborasi melalui Common Data Environment (CDE)

[illegible]

Gambar 3. Tampilan Common Data Environment (CDE) Berbasis Google Sheets untuk Tabulasi Spesifikasi Teknis

Sumber: Dokumen Peneliti (2025)

Kolaborasi multidisiplin dalam proyek ini difasilitasi oleh sistem **Common Data Environment (CDE)** yang terdiri atas **BIM Cloud**, **Google Sheet**, dan **Canva**. **BIM Cloud** menjadi pusat sinkronisasi model BIM berbasis Archicad, memungkinkan kolaborasi waktu

nyata antar pengguna dengan pengaturan hak akses dan pembagian zona kerja yang terstruktur melalui fitur *Teamwork*. Setiap revisi model tercatat otomatis, memudahkan proses audit internal.

Google Sheet digunakan untuk menyusun **tabulasi spesifikasi teknis dan sistem bangunan** yang dipilih selama proses design development. Selain itu, lembar ini mencakup **daftar persetujuan teknis (approval)** yang diberikan oleh tim ahli lintas disiplin maupun pemilik proyek (owner). Semua perubahan dicatat secara historis dan menjadi acuan dalam setiap pengambilan keputusan teknis lintas tim.



Gambar 4: Koordinasi Mingguan Lintas Disiplin dan Owner

Sumber: Dokumen Peneliti (2025)

Secara keseluruhan, semua penelitian yang telah di kaji menunjukkan peningkatan positif baik dalam kepatuhan minum obat, penurunan tekanan darah, hingga peningkatan kualitas hidup pasien. Hasil ini memperkuat posisi apoteker sebagai tenaga kesehatan yang memiliki peran krusial dalam terapi pasien hipertensi, bukan hanya dalam penyediaan obat, tetapi juga dalam aspek edukasi dan pemantauan. **Canva** memainkan peran penting pada dua fase utama. Pertama, dalam **penyusunan logbook dokumentasi desain** yang mencatat perkembangan model, revisi, dan hasil koordinasi dalam bentuk visual yang komunikatif. Kedua, pada tahap **studi awal bersama**, Canva digunakan sebagai alat bantu penyusunan **diagram analisis desain**, seperti skema zonasi, konsep massa, sirkulasi, dan strategi iklim mikro. Visualisasi tersebut menjadi alat diskusi utama dalam pertemuan awal lintas disiplin, sekaligus jembatan komunikasi antara tim teknis dan non-teknis.

Penggunaan ketiga platform ini mendukung pelaksanaan prinsip **Integrated Project Delivery (IPD)** secara fungsional, dengan mendorong partisipasi aktif, transparansi informasi, dan pengambilan keputusan berbasis data. Kombinasi ini terbukti efektif dalam menjaga kontinuitas informasi dan mempercepat proses validasi desain selama tahap design development.

Efisiensi Proses Desain dan Pengurangan Pekerjaan Ulang

Penerapan pendekatan BIM–IPD dalam proyek ini memberikan dampak nyata terhadap efisiensi proses desain. Fase skematik hingga design development dapat diselesaikan dalam waktu 26 hari, dengan proses koordinasi multidisiplin yang berjalan secara paralel melalui platform Archicad dan BIM Cloud. Penggunaan model BIM sebagai media kolaborasi mempercepat proses validasi teknis dan meminimalkan miskomunikasi antar tim.

Selama proses berlangsung, jumlah revisi mayor tercatat hanya tiga kali, jauh lebih sedikit dibandingkan dengan pengalaman proyek serupa yang dikerjakan secara konvensional, di mana revisi mayor umumnya terjadi hingga tujuh kali. Penurunan ini berkaitan langsung

dengan penerapan deteksi konflik sejak awal (clash detection) dan keterlibatan lintasdisiplin sejak tahap konseptual.

Meskipun tidak tersedia data pembanding kuantitatif dari proyek non-BIM dalam konteks yang sama, efisiensi yang tercapai dalam studi ini sejalan dengan temuan Das et al. (2025), yang melaporkan bahwa penerapan BIM dalam proyek pendidikan dan komersial berhasilmeningkatkan efisiensi fase desain hingga $\pm 35\%$ dibanding pendekatan tradisional. Selain itu, analisis oleh ASCE (2021) menunjukkan bahwa proyek berbasis BIM mengalokasikan proporsi waktu yang lebih kecil untuk fase desain (33%) dibandingkan proyek non-BIM (41%), menunjukkan kontribusi signifikan dari kolaborasi digital terhadap percepatan proses

Perbandingan dengan Studi Terdahulu

Untuk melihat posisi temuan dalam konteks yang lebih luas, dilakukan perbandingan dengan studi-studi terdahulu yang meneliti efektivitas integrasi BIM dan IPD dalam fase perancangan. Tabel berikut merangkum perbandingan beberapa aspek utama:

Tabel 1. Perbandingan Praktik Desain BIM–IPD dengan Studi Terdahulu

Aspek Perbandingan	Studi Ini (YR Arosyid, 2025)	Cohen (2010) – Mosaic Centre	Das et al. (2025)	ASCE (2021) Curve Analysis
Skala Proyek	Besar (rumah sakit 5 lantai)	Skala besar (kantor berkelanjutan)	Bangunan pendidikan dan kantor	Studi lintas proyek BIM/non-BIM
Platform BIM	Archicad + BIM Cloud	Revit + Navisworks	Revit	Tidak disebutkan
CDE yang Digunakan	BIM Cloud, Google Sheet, Canva	Autodesk BIM 360	Autodesk BIM 360	Tidak dijelaskan
Pendekatan IPD	IPD informal (tanpa kontrak resmi)	IPD formal berbasis kontrak	IPD semi-formal melalui workshop tim	Tidak dibahas
Waktu Fase Skematik–DD	26 hari	Tidak disebut eksplisit	Efisiensi $\pm 35\%$ dibanding metode konvensional	BIM: 33% dari durasi proyek, Non-BIM: 41%
Jumlah Revisi Mayor	3 kali	Tidak disebut	Menurun signifikan	Tidak disebut
Efek pada Validasi dan Rework	Validasi cepat, hampir tanpa rework	Transparansi tinggi, minim konflik	Reduksi rework, validasi lebih awal	Distribusi waktu lebih efisien
Kendala	Literasi digital, keterbatasan platform lokal	Budaya kontrak & tim IPD	Resistensi awal terhadap BIM/IPD	Tidak relevan

Sumber: Data diolah dari berbagai sumber (Cohen, 2010; Das et al., 2025; ASCE, 2021)

Interpretasi Prinsip IPD dalam Konteks Lokal

Kepercayaan tim, keterbukaan informasi, dan pelibatan sejak awal dari semua pihak berhasil dibangun melalui sistem kerja berbasis CDE dan komunikasi berbasis model. Dalam konteks industri konstruksi Indonesia yang masih didominasi model Design–Bid–Build, pendekatan ini menawarkan alternatif model kolaborasi yang adaptif dan praktis. Meskipun masih banyak tantangan, seperti belum adanya regulasi IPD nasional atau kurangnya literasi

teknologi digital di sektor profesional, hasil ini membuka peluang pengembangan sistem kerja kolaboratif berbasis BIM–IPD yang dapat disesuaikan dengan skala proyek dan kapasitas tim yang tersedia

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi Building Information Modeling (BIM) dan pendekatan Integrated Project Delivery (IPD) dapat meningkatkan kualitas kolaborasi lintas disiplin pada fase desain arsitektur, khususnya dalam proyek berskala besar seperti rumah sakit lima lantai. Meskipun pendekatan IPD yang digunakan bersifat informal tanpa dukungan kontrak resmi, prinsip-prinsip partisipatif seperti keterlibatan awal, transparansi informasi, dan Studi ini membuktikan bahwa prinsip-prinsip dasar Integrated Project Delivery dapat diterapkan secara fungsional tanpa harus bergantung pada struktur kontrak resmi., pengambilan keputusan bersama tetap dapat diimplementasikan secara efektif melalui sistem Common Data Environment (CDE) berbasis BIM Cloud, Google Sheet, dan Canva. Penerapan BIM memungkinkan visualisasi desain yang progresif dari LOD 100 hingga LOD 300, serta memfasilitasi deteksi konflik lintas disiplin sejak dini. Efektivitas koordinasi ini tercermin dari berkurangnya jumlah revisi mayor dan hampir tidak adanya pekerjaan ulang teknis selama fase design development. Temuan ini diperkuat oleh dokumentasi proses, log kolaborasi, serta hasil perbandingan dengan studi terdahulu yang menunjukkan efisiensi serupa dalam penerapan BIM–IPD. Secara umum, studi ini menyimpulkan bahwa pendekatan kolaboratif berbasis BIM–IPD dapat diterapkan secara adaptif dalam konteks proyek konstruksi di Indonesia, bahkan tanpa struktur

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliawan, J. I., Arifin, S., & Trisiana, A. (2025). Model Perencanaan Pemeliharaan Bangunan Gedung Menggunakan Building Information Modeling (BIM). *Journal of Ikatan Ahli Manajemen Proyek Indonesia*, 3(01), 15–30.
- Asiqin, N. F., Zainal, R., Musa, S. M. S., & Sulaiman, N. (2025). Kajian Integrated Project Delivery (IPD) terhadap Prestasi Proyek Pembinaan. *Research in Management of Technology and Business*, 6(1), 482–503.
- Dewi, R. (2025). *Rekayasa Konstruksi Terintegrasi*.
- Fanani, M. R., & Setiawan, A. S. 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.
- Friastri, S., & Setiawan, A. (2024). Systematic Literature Review: Peranan metode BIM dalam Integrated Project Delivery (IPD) untuk Mencapai Triple Constraint. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 7(1), 39–46.
- Haqqo, R. A., & Mutaqi, A. S. (2023). Peran Integrasi dalam Pelaksanaan Proyek Terpadu. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 4(4), 355–365.
- Khilda, F. A., & Setiawan, A. (2024). Kolaborasi Berbasis Bim Dengan Metode IPD Studi Kasus Cathedral Hill Hospital. *Jurnal Arsitektur GRID*, 6(2), 58–68.
- Mahardika, D., & Windari, A. C. (2025). Penerapan Building Information Modelling (BIM) dalam Peningkatan Efisiensi dan Keberlanjutan pada Proyek High-Rise Building di Indonesia. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 5(1), 2455–2462.

- Mubarak, M. R. (2025). *Implementasi Kemampuan Dinamis untuk menghadapi Transformasi Digital dan meningkatkan Inovasi di Lembaga Keuangan Mikro Syariah*. Universitas Islam Indonesia.
- Mulyati, E., Priana, S. E., Indriyati, C., Taufiq, M., Bonok, Z., Zayu, W. P., Moniaga, F., Rumambi, R. C., Tumimomor, J. E. E., & Sangadji, F. A. (2025). *Smart Construction: Transformasi Digital Dalam Manajemen Proyek*. CV. Gita Lentera.
- Ramadhani, F. (2023). *Implementasi Bim Pada Tahap Pelaksanaan Konstruksi Dengan Common Data Environment (Cde) Bim Implementation In The Construction Execution Phase With Common Data Environment (Cde)(Studi Kasus: Proyek Gedung Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta)*.
- Santoso, J. T. (2023). Manajemen Proyek Teknologi Informasi. *Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik*, 1–493.
- Sholeh, M. N. (2024). *Manajemen Proyek Konstruksi Modern: Teknologi dan Inovasi*. Deepublish.
- Sitanggang, D. (2024). Penggunaan Teknologi BIM (Building Information Modeling) dalam Proses Perancangan Arsitektur. *Tugas Mahasiswa Program Studi Arsitek, 1(1)*.
- Susanto, M. R., Nasution, U. B., & Supriyono, L. A. (2025). *Metodologi Penelitian Lanjutan*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109–127.
- Fanani, A., & Setiawan, I. (2024). Kolaborasi multidisiplin dengan pendekatan IPD pada perancangan fasilitas pendidikan. *Jurnal Arsitektur Nusantara*, 12(1), 33–45.
- Khilda, A., & Setiawan, I. (2024). Studi penerapan IPD dan BIM dalam desain kampus terpadu di Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil & Arsitektur Indonesia*, 9(2), 101–115.
- Tizon Checca, S., Ramis Ferrer, B., & Gassó Domingo, S. (2023). Impact of BIM and IPD on rework reduction and team coordination: A systematic review. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(2), 04022162. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002391](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002391)