

Systematic Literature Review: Peranan Metode BIM dalam Integrated Project Delivery (IPD) untuk Mengoptimalkan Konstruktabilitas Proyek

Gusliaini Alifia Pambudi*

Program Studi PPAR, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
E-mail: gusliainialifia3131@gmail.com

Faiz Hamdi Suprahman

Program Studi PPAR, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
E-mail: 215121302@uui.ac.id

Abstrak

Kemajuan teknologi informasi dalam industri konstruksi mendorong penggunaan Building Information Modeling (BIM) dalam proyek dengan metode Integrated Project Delivery (IPD) untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelaksanaan proyek. BIM memungkinkan koordinasi lintas disiplin melalui fitur clash detection dan clash avoidance guna mendeteksi serta mencegah benturan antar elemen desain sejak tahap awal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi peran BIM dalam mengoptimalkan konstruktabilitas proyek IPD melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi BIM dan IPD tidak hanya mendukung kolaborasi antarpemangku kepentingan tetapi juga mengurangi kesalahan desain, mempercepat waktu pelaksanaan, dan menekan biaya konstruksi. Namun, beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan pada kualitas data input, komunikasi antardisiplin, serta teknologi prediksi benturan, masih perlu diatasi untuk mencapai hasil yang optimal.

Kata-kata Kunci: Konstruktabilitas, clash detection, clash avoidance, BIM, IPD

Abstract

Advances in information technology in the construction industry encourage the use of Building Information Modeling (BIM) in projects using the Integrated Project Delivery (IPD) method to increase the effectiveness and efficiency of project implementation. BIM enables cross-disciplinary coordination through clash detection and clash avoidance features to detect and prevent clashes between design elements from an early stage. This research aims to identify the role of BIM in optimizing the constructability of IPD projects through a Systematic Literature Review (SLR) approach. The study results show that the integration of BIM and IPD not only supports collaboration between stakeholders but also reduces design errors, speeds up implementation time, and reduces construction costs. However, several limitations, such as dependence on input data quality, interdisciplinary communication, and collision prediction technology, still need to be overcome to achieve optimal results.

Keywords: Constructability, clash detection, clash avoidance, BIM, IPD

1. Pendahuluan

Kemajuan dalam dunia konstruksi melaju seiring perkembangan teknologi yang berpengaruh terhadap peningkatan efektivitas dan efisiensi dalam suatu pelaksanaan pekerjaan. Salah satu teknologi yang paling berpengaruh adalah *Building Information Modeling* (BIM), yang memungkinkan perencanaan dan visualisasi proyek. Dalam praktik BIM, muncul dua pendekatan utama untuk mengatasi masalah koordinasi antara elemen desain, yaitu *clash detection* dan *clash avoidance*. Kementerian PUPR (2018) bahwa *Building Information Modeling* (BIM) adalah proses digitalisasi yang saling terintegrasi dalam merencanakan, mendesain, membangun dan mengelola suatu proyek. BIM menggabungkan model tiga dimensi (3D) dengan data yang terkait, termasuk

informasi geometris, spesifikasi material, jadwal pelaksanaan, serta perkiraan biaya. Penggunaan BIM membantu memfasilitasi kolaborasi dan koordinasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam siklus hidup proyek bangunan. Penerapan *Integrated Project Delivery* (IPD) merupakan metode penyampaian proyek kolaboratif yang menyelaraskan kepentingan para pemangku kepentingan, termasuk pemilik, arsitek, insinyur, dan kontraktor, untuk mengoptimalkan hasil proyek. Penggunaan BIM yang sudah tersebar luas di negara maju seharusnya mendorong Perusahaan konstruksi di Indonesia untuk mulai beralih dari perangkat lunak konvensional (Friastri & Setiawan, 2024)

Penggunaan teknologi BIM dapat meminimalisir munculnya permasalahan dalam proyek konstruksi sehingga bisa tercapainya konstruktabilitas proyek

* Penulis Korespondensi: gusliainialifia3131@gmail.com

yang optimal. BIM dapat diterapkan mulai dari tahap paling awal yaitu perencanaan, hingga perubahan-perubahan yang terjadi pada desain dan logistic (Haqqo & Mutaqi, 2023). Permasalahan yang terjadi dalam proyek konstruksi dapat memicu terjadinya pembengkakkan biaya serta memperpanjang proses waktu pelaksanaan sehingga menimbulkan penggunaan sumber daya yang tidak efektif dan mengancam terjadinya gangguan kelancaran aktivitas konstruksi pada tahap-tahap berikutnya. Gangguan-gangguan yang terjadi akan menyebabkan adanya penundaan pekerjaan dan berpotensi menimbulkan kerugian dan penurunan kualitas proyek.

Clash detection dalam BIM merujuk pada proses mendeteksi benturan antar elemen bangunan yang dirancang oleh berbagai disiplin ilmu. Benturan ini bisa berupa konflik ruang antar elemen struktural, mekanikal, elektrikal, dan lainnya. Proses ini dilakukan setelah model 3D dibuat dan biasanya membutuhkan software BIM untuk mendeteksi kesalahan. Di sisi lain, *clash avoidance* adalah pendekatan preventif yang bertujuan untuk meminimalkan risiko benturan sejak awal proses desain melalui perencanaan yang lebih kolaboratif dan disiplin.

Penggunaan teknologi informasi BIM dapat mengurangi masalah yang muncul dalam proyek konstruksi dengan peranannya dari tahap desain awal hingga konsep konstruksi. BIM mengubah pendekatan perencanaan secara keseluruhan melalui proses pengembangan desain dan dokumentasi konstruksi. Dokumen konstruksi yang terbagi atas gamtek, RAB, dan spesifikasi lainnya, dapat dengan mudah dihubungkan satu sama lain. Metode BIM mendorong *shared knowledge resource* yang memungkinkan pertukaran model 2D-7D antar pihak terkait kolaborasi sepanjang siklus proyek sehingga lebih efektif dan efisien (Putera, 2022).

Metode penyampaian proyek IPD bertujuan agar terbentuknya kolaboratif yang menyelaraskan kepentingan para pemangku kepentingan, termasuk pemilik, arsitek, insinyur, dan kontraktor, untuk mengoptimalkan hasil proyek. Dengan mengintegrasikan tim proyek sejak awal proses desain, IPD mendorong budaya kolaborasi dan tanggung jawab bersama. Ketika BIM digabungkan dengan IPD, koordinasi yang ditingkatkan memungkinkan pemanfaatan fitur deteksi benturan BIM yang lebih efektif, karena semua pemangku kepentingan dapat mengakses dan berkontribusi dalam menyelesaikan konflik secara real-time.

Konstruktabilitas atau *constructability* merupakan konsep dalam manajemen proyek konstruksi yang mengacu pada kemudahan dan efisiensi pelaksanaan konstruksi berdasarkan desain yang telah direncanakan. Fokus utama konstruktabilitas adalah memastikan bahwa desain proyek dapat dengan mudah diwujudkan di lapangan, dengan mempertimbangkan aspek biaya, waktu, dan sumber daya secara optimal. Peneliti di bidang BIM yang mengungkapkan

bagaimana BIM dapat digunakan untuk meningkatkan konstruktabilitas dan kolaborasi antardisiplin dalam proyek konstruksi. Penelitian mereka pada tahun 2012 menekankan bahwa BIM tidak hanya meningkatkan kualitas proyek tetapi juga efisiensi dalam pelaksanaan konstruksi (Azhar et al., n.d., 2012).

Clash Detection adalah proses untuk mengidentifikasi lokasi di mana elemen-elemen dari berbagai disiplin saling bertentangan dalam model BIM. *Clash detection* biasanya dilakukan pada tahap perencanaan atau desain proyek dan memungkinkan tim proyek untuk mengidentifikasi serta memperbaiki konflik desain sebelum tahap konstruksi dimulai (Eastman, 2008). BIM memungkinkan identifikasi benturan secara virtual melalui model 3D, yang sangat membantu dalam koordinasi antara berbagai disiplin dalam proyek. (Azhar et al., n.d., 2012) mencatat bahwa BIM memungkinkan integrasi data yang lebih baik antara berbagai pihak yang terlibat, seperti arsitek, insinyur, dan kontraktor. Dengan BIM, tim proyek dapat melihat potensi benturan antar-elemen sejak awal dan bekerja sama untuk menyelesaikannya.

Clash detection pada dasarnya adalah sebuah metode untuk menemukan kesalahan yang terjadi dalam sebuah model 3 dimensi. Menurut (Savitri et al., 2020), *clash* terjadi ketika dua elemen melakukan interferensi di zona yang sama. *Clash* bisa berupa geometris, tumpang tindih dalam *Schedule*, serta perubahan desain. *Clash* bisa dikategorikan kedalam 3 jenis, yaitu:

1. *Hard Clash* yaitu dua elemen yang saling tumpang tindih di ruang yang sama.
2. *Soft Clash* yaitu toleransi geometri atau jarak suatu komponen terhadap komponen lain.
3. *Workflow Clash* yaitu: benturan yang mempengaruhi alur kerja & *schedule*.

Clash Avoidance berbeda dengan *clash detection*, yang merupakan pendekatan reaktif untuk mengidentifikasi konflik setelah model desain dibuat. Menurut (Eastman, 2008) *clash avoidance* melibatkan koordinasi yang ketat antara disiplin ilmu yang berbeda, seperti arsitektur, teknik struktur, dan sistem mekanik-elektrik-plumbing (MEP), untuk memastikan bahwa desain yang dihasilkan bebas benturan sejak awal. Pendekatan ini memerlukan kolaborasi intensif di antara pemangku kepentingan proyek dan pemanfaatan teknologi BIM sebagai platform utama untuk sinkronisasi data dan informasi proyek.

Integrasi IPD dan BIM adalah representasi data fisik dan fungsional yang dihasilkan komputer yang diperlukan untuk mendukung seluruh aktivitas siklus hidup konstruksi. BIM disarankan sebagai teknologi tepat guna oleh AIA, adalah alat yang dapat berkontribusi langsung untuk mencapai tujuan yang disepakati dengan memungkinkan integrasi, kerja sama, dan koordinasi yang lebih baik (Azhar (2008); Bryde (2013), dalam (Siregar et al., 2024)). Penerapan Integrasi BIM dan IPD dengan mengaitkan berbagai karakteristik, seperti biaya/ keuntungan, jadwal, keselamatan, produktivitas, dan hubungan (Sherif et



Gambar 1.1 Tahapan metode penelitian

al., 2022). BIM (*Building Information Modeling*) memiliki banyak manfaat dalam industri konstruksi seperti; Meningkatkan efisiensi dan produktivitas, Meminimalkan biaya, Meningkatkan kualitas, Meningkatkan koordinasi, Meningkatkan keberlanjutan (Efisiensi energi dan ramah lingkungan) (Sherif et al., 2022). Dalam IPD, BIM berperan sebagai platform kolaborasi terintegrasi di setiap fase proyek, mulai dari perencanaan hingga operasional. BIM tidak hanya menjadi alat teknis, tetapi juga menjadi penghubung utama antara semua pemangku kepentingan, memastikan transparansi, efisiensi, dan keberhasilan proyek.

2. Metode

Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* (SLR). SLR adalah cara untuk mengidentifikasi, menilai, dan menginterpretasi semua sumber penelitian yang sesuai dengan perumusan masalah atau subjek penelitian(van Dinter et al., 2021).

Pada prinsipnya SLR berfungsi untuk menggambarkan hasil temuan dari penelitian primer dengan menyajikan informasi yang rinci dan seimbang (Siswanto, n.d., 2010). Metode ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu identifikasi masalah/pertanyaan penelitian, menyeleksi *database* hasil literatur berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, pembahasan mengenai topik yang dituju dan pengolahan data serta kesimpulan.

Variabel utama dalam penelitian ini meliputi:

1. Variabel Independen: Faktor BIM dan IPD (teknologi, kolaborasi, manajemen risiko).
2. Variabel Dependen: Konstruktabilitas proyek (efisiensi waktu, biaya, kualitas).

Pemilihan variabel ini memungkinkan analisis yang mendalam tentang bagaimana BIM dalam kerangka IPD

Tabel 1. Kriteria Penilaian

Komponen	Keterangan
Population/Problem	<i>Integrated Project Delivery (IPD)</i>
Intervention	BIM, Konstruktabilitas, <i>Clash detection</i> , <i>Clash avoidance</i>
Comparism	n/a
Outcomes	Peranan BIM untuk Mengoptimalkan Konstruktabilitas Proyek
Context	Studi kasus dan literatur pada proyek <i>Integrated Project Delivery (IPD)</i>

dapat memengaruhi konstruktabilitas proyek secara signifikan.

2.1 Pertanyaan penelitian (*research question*)

Dalam membatasi ruang lingkup penelitian menggunakan pertanyaan penelitian yang terdiri dari PICOC (*Population/Problem, Intervention, Comparism, Outcomes, Context*) (Kitchenham & Charters dalam (Wahono, 2015)).

Dari kriteria penelitian yang telah dibuat maka batasan lingkup penelitian yaitu peranan BIM dalam proyek IPD khususnya untuk mencapai aspek Konstruktabilitas dalam proyek. Batasan tersebut kemudian menghasilkan pertanyaan penelitian (*research question*).

Pada **Tabel 2** dibawah ini berisikan pertanyaan-pertanyaan dari penelitian ini dan mendiskripsikan tujuan dari masing-masing pertanyaan tersebut.

Pada **Tabel 2**, RQ1, RQ2 dan RQ3 digunakan untuk mengidentifikasi prinsip-prinsip penting dalam pengoptimalan konstruktabilitas proyek yang menerapkan metode *Integrated Project Delivery*. RQ3 sebagai pembelajaran pada peran *clash detection* dan *clash avoidance* dari penerapan atau studi kasus proyek IPD yang sudah ada untuk meningkatkan keberhasilan proyek-proyek kedepannya.

2.3 Pemilihan literatur

Pemilihan literatur dilakukan untuk mendapat literatur yang sesuai dengan pertanyaan penelitian. Sumber pencarian literatur yaitu menggunakan *Google Scholar*

Tabel 2. Research question dan tujuan

ID	Research Question	Tujuan
RQ1	Bagaimana peranan BIM dalam pengoptimalan Konstruktabilitas proyek IPD?	Mengidentifikasi peranan BIM dalam mengoptimalkan Proyek IPD
RQ2	Bagaimana BIM berperan dalam mengatasi masalah koordinasi antara elemen desain, yaitu <i>clash detection</i> dan <i>clash avoidance</i>	Mengidentifikasi peranan BIM dalam keberhasilan menemukan permasalahan koordinasi desain antara <i>clash detection</i> dan <i>clash avoidance</i>
RQ3	Apakah literatur membahas peranan metode BIM dalam IPD	Mengidentifikasi peranan metode BIM dalam memaparkan
RQ4	Bagaimana pengalaman dan pembelajaran mengenai pengoptimalan konstruktabilitas dari proyek-proyek IPD sebelumnya sehingga dapat diterapkan untuk meningkatkan keberhasilan dalam proyek-proyek masa depan?	Mengidentifikasi peran <i>clash detection</i> dan <i>clash avoidance</i> dalam penerapan proyek IPD yang sudah ada sehingga dapat diterapkan pada proyek masa depan.

Tabel 3. Kriteria Inklusi

Kriteria	Batasan
Inklusi	Data yang diperoleh merupakan 10 tahun terakhir (2014-2024)
	Data didapatkan melalui jurnal-jurnal Teknik dan <i>Google Scholar</i>
	Data mengenai penerapan teknologi BIM pada proyek IPD terkait <i>clash detection</i> dan <i>clash avoidance</i> .
	Data membahas mengenai studi kasus proyek IPD

Tabel 4. Study quality assessment

ID	Quality Assessment
SQ1	Apakah literatur diterbitkan pada rentang 10 tahun terakhir?
SQ2	Apakah literatur membahas mengenai peranan metode BIM dalam proyek IPD dalam menemukan permasalahan koordinasi desain karena <i>clash detection</i> ?
SQ3	Apakah literatur membahas mengenai peranan metode BIM dalam proyek IPD dalam menemukan permasalahan koordinasi desain karena <i>clash avoidance</i> ?
SQ4	Apakah literatur membahas mengenai peran <i>clash detection</i> pada studi kasus proyek IPD?
SQ5	Apakah literatur membahas mengenai peran <i>clash avoidance</i> pada studi kasus proyek IPD?
SQ6	Apakah literatur membahas mengenai peranan metode BIM dalam proyek IPD untuk menemukan <i>clash</i> dalam memenuhi <i>triple constraint</i> ?

dan sumber pencarian jurnal lainnya. Dari pencarian pada sumber sumber literatur, perlu dilakukan *filter* dalam pemilihan agar sesuai dengan pertanyaan penelitian terkait jurnal-jurnal sejenis. Untuk mempermudah pemilihan digunakan kriteria inklusi.

Pada **Tabel 3** di atas ini berisikan kriteria yang diperlukan untuk memenuhi syarat dari penelitian ini sehingga membantu memastikan bahwa peserta yang dipilih benar-benar relevan dengan fokus studi yang sedang dilakukan.

Dari hasil pencarian dengan menerapkan kriteria inklusi maka dicerutukan menjadi 7 literatur yang ada. Serta, untuk mempermudah identifikasi dilakukan evaluasi melalui *study quality assessment* sehingga pemilihan literature menjadi lebih akurat.

Penentuan *study quality assessment* berdasarkan pertanyaan penelitian (*research question*). SQ2 digunakan untuk pembahasan dari RQ1 dan RQ2 yaitu mengenai peranan *clash detection* dan *clash avoidance* dalam pengoptimalan konstruktabilitas proyek. Sedangkan SQ3 digunakan untuk pembahasan RQ3 yaitu mengenai studi kasus proyek IPD yang menerapkan koordinasi *clash detection* dan *clash avoidance*.

2.4 Pengolahan data dan pengambilan kesimpulan

Setelah menentukan pertanyaan penelitian dan memilih artikel, tahapan selanjutnya yaitu mengkaji secara mendalam literatur-literatur sehingga dihasilkan

Tabel 5. Hasil study quality assessment

Penulis	SQ1	SQ2	SQ3	SQ4	SQ5	SQ6
(Akponeware & Adamu, 2017)	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
(Kale et al., 2022)	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
(Vaidyanathan et al., 2015)	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
(Perdana et al., 2022)	Ya	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya
(Murphy & Al Athas, 2020)	Ya	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya
(Rizky Hutama & Sekarsari, 2016)	Ya	Ya	Ya	Tidak	Tidak	Ya
(Tommelein & Gholami, 2012)	Tidak	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
(Khalid et al., 2024)	Ya	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya
(Izzudin & Widiasanti, 2024)	Ya	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya
(Yönder & Çavka, 2024)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak

jawaban yang dapat menjawab pertanyaan penelitian. Tahapan terakhir yaitu membuat kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pembahasan.

3. Hasil

Hasil Study Quality Assessment Pemilihan penelitian literatur ditentukan oleh *study quality assessment*, sehingga data dapat diolah menjadi hasil dari jawaban pertanyaan penelitian (*research question*).

Pada **Tabel 5** diatas dibawah mengklasifikasikan apakah jurnal-jurnal yang diriview memenuhi dari masing-masing *quality assessment* yang sudah ditentukan.

4. Pembahasan

4.1 Peranan kinerja metode BIM dalam proyek IPD

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan proyek IPD (*Integrated Project Delivery*) dapat meningkatkan kesuksesan proyek dalam hal kualitas, biaya, dan jadwal. Penerapan Integrasi BIM dan IPD dengan mengaitkan berbagai karakteristik, seperti biaya/keuntungan, jadwal, keselamatan, produktivitas, dan hubungan BIM (*Building Information Modeling*) memiliki banyak manfaat dalam industri konstruksi seperti; Meningkatkan efisiensi dan produktivitas, Meminimalkan biaya, Meningkatkan kualitas, Meningkatkan koordinasi, Meningkatkan keberlanjutan (Efisiensi energi dan ramah lingkungan).

Pada **Tabel 6** membahas peranan BIM sesuai dengan prinsip-prinsip IPD dalam sebuah proyek dan literatur mana saja yang membahas dan menginterpretasikan dari masing-masing peranan tersebut.

Tabel 6. Peranan BIM pada kinerja Proyek IPD

Peranan BIM pada kinerja proyek IPD	Kesimpulan	Refrensi
Kolaborasi dan Integrasi	BIM menjadi promotor dalam mengkolaborasikan dan mengintegrasikan antar elemen pemangku kepentingan didalam proyek, termasuk arsitek, insinyur, kontraktor dan owner. Sehingga hal tersebut dapat mendorong pertukaran informasi dan pengetahuan dalam membina lingkungan kerja yang kolaboratif	(Akponeware & Adamu, 2017; Izzudin & Widiasanti, 2024; Kale et al., 2022; Khalid et al., 2024; Murphy & Al Athas, 2020; Rizky Hutama & Sekarsari, 2016; Tommelein & Gholami, 2012; Yönder & Çavka, 2024)
Visualisasi dan Simulasi	BIM mengolah informasi dan menyajikannya dalam bentuk visualisasi yang memungkinkan untuk dilakukannya simulasi sehingga pemangku kepentingan dapat memahami dan menganalisis proses desain dan konstruksi. Mempermudah dalam mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah sejak dini, sehingga menghasilkan proyek yang lebih baik.	(Akponeware & Adamu, 2017; Izzudin & Widiasanti, 2024; Kale et al., 2022; Khalid et al., 2024; Perdana et al., 2022; Rizky Hutama & Sekarsari, 2016; Yönder & Çavka, 2024)
Pengambilan Keputusan Berdasarkan Data	BIM berisikan data yang akurat dan andal sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang terkait informasi sepanjang siklus hidup proyek. Hal-hal tersebut berpotensi memunculkan analisis dan evaluasi serta optimalisasi terkait alternatif desain dan konstruksi yang lebih baik.	(Akponeware & Adamu, 2017; Izzudin & Widiasanti, 2024; Kale et al., 2022; Khalid et al., 2024; Murphy & Al Athas, 2020; Rizky Hutama & Sekarsari, 2016; Tommelein & Gholami, 2012)
Koordinasi dalam Clash	BIM memberikan fasilitasi koordinasi antara berbagai disiplin ilmu dan perdagangan sebagai penyediaan platform terpusat dalam pertukaran informasi. Memungkinkan dalam mendeteksi clash yang terjadi, membantu dalam pengidentifikasi dan penyelesaian clash yang terjadi di dalam sistem dan komponen bangunan.	(Akponeware & Adamu, 2017; Izzudin & Widiasanti, 2024; Kale et al., 2022; Murphy & Al Athas, 2020; Rizky Hutama & Sekarsari, 2016; Tommelein & Gholami, 2012; Vaidyanathan et al., 2015; Yönder & Çavka, 2024)
Manajemen Siklus Perancangan	BIM berperan dalam pengelolaan siklus hidup bangunan, dimulai dari desain, konstruksi hingga pengoperasian dan pemeliharaan. Mengoptimalkan pengintegrasian data dan informasi dalam memanajemen fasilitas yang mengarahkan dalam peningkatan efisiensi dan efektivitas biaya.	(Akponeware & Adamu, 2017; Kale et al., 2022; Khalid et al., 2024; Murphy & Al Athas, 2020; Rizky Hutama & Sekarsari, 2016; Vaidyanathan et al., 2015; Yönder & Çavka, 2024)
Standardisasi dan Interoperabilitas	BIM yang menjadi promotor dalam penggunaan proses, protocol dan pemformatan data standar berguna untuk memastikan interoperabilitas antar platform perangkat lunak dan pemangku kepentingan yang berbeda. Maka dengan demikian proses pertukaran informasi dan kolaborasi dapat berjalan dengan lancar.	(Akponeware & Adamu, 2017; Izzudin & Widiasanti, 2024; Kale et al., 2022; Khalid et al., 2024; Murphy & Al Athas, 2020; Perdana et al., 2022; Rizky Hutama & Sekarsari, 2016; Yönder & Çavka, 2024)
Perbaikan Berkelanjutkan	BIM mengoptimalkan perbaikan berkelanjutan dalam proses desain dan konstruksi dari data proyek yang dikumpulkan dan dianalisis. Proyek-proyek sebelumnya dapat dijadikan pembelajaran untuk diterapkan pada proyek-proyek dimasa depan, sehingga terjadi peningkatan efisiensi dan produktivitas.	(Akponeware & Adamu, 2017; Izzudin & Widiasanti, 2024; Kale et al., 2022; Murphy & Al Athas, 2020; Rizky Hutama & Sekarsari, 2016; Yönder & Çavka, 2024)

Tabel 7. Variabel Hubungan antara Clash Detection dan Clash Avoidance

Clash Detection	Clash Avoidance	
	Inequality	
Berupa proses reaktif (setelah gambar kontruksi dipersiapkan)	Bagian dari proses proaktif sehingga keputusan desain disepakati bersama.	
Bagian dari proses prakontruksi, sehingga dideteksi sebelum konstruksi dimulai.	Berjalan disetiap tahapan fase proyek. Mulai dari tahap pertama perancangan hingga tahapan terakhir meliputi teknik dan strategi untuk menghindari clash.	
Berfokus pada perangkat lunak/ software yang digunakan untuk mendeteksi dan pengembangan <i>clash-rule sets</i> .	Tidak hanya berfokus pada alat, tetapi juga memberi penekanan anatar kolaborasi disiplin ilmu MEP dan disiplin ilmu lainnya.	
Memerlukan keterampilan koordinasi tingkat dasar.	Memerlukan keterampilan dan manajemen koordinasi yang lebih tinggi.	
Tidak memerlukan kesadaran situasional bersama.	Memerlukan kesadaran situasional bersama antara satu dengan yang lainnya.	
Mendorong kerja sama silo-based dan akumulasi informasi desain	Saling mempromosikan dan berbagi informasi terkait kreasi bersama.	
Memungkinkan dilakukan oleh perancang yang tidak berpengalaman atau tidak.	Perancang harus berpengalaman yang memiliki pandangan luas tentang proses desain.	

Tabel 7. Variabel Hubungan antara Clash Detection dan Clash Avoidance (lanjutan)

<i>Clash Detection</i>	<i>Clash Avoidance</i>
Equality	
Tujuan utamanya adalah untuk menghasilkan model desain bebas <i>clash</i> .	Tujuan utamanya adalah untuk menghasilkan model desain bebas <i>clash</i> .
Bertujuan untuk meningkatkan kualitas desain.	Bertujuan untuk meningkatkan kualitas desain.
Mengidentifikasi dan memperbaiki permasalahan tahapan desain yang berakibat pada kelebihan waktu, biaya pada tahap	Hasil dari identifikasi dan perbaikan untuk kelancaran pada tahapan selanjutnya salah satunya berdampak pada konstruksi
Meningkatkan kemungkinan keberhasilan aset yang dibangun.	Meningkatkan kemungkinan keberhasilan aset yang dibangun.

Tabel 8. Identifikasi permasalahan koordinasi antar elemen desain

Permasalahan	Kesimpulan
Benturan Antar Elemen	Salah satu masalah utama dalam koordinasi desain adalah benturan antar elemen dari berbagai disiplin, seperti antara elemen struktural dengan instalasi mekanikal, elektrikal, dan plumbing (MEP). BIM memungkinkan deteksi benturan secara dini melalui model 3D, sehingga tim dapat mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah ini sebelum memasuki tahap konstruksi. Dengan deteksi otomatis dari sistem BIM, setiap benturan fisik antar elemen dapat diperiksa, membantu memastikan bahwa setiap elemen berada di lokasi yang benar tanpa mengganggu elemen lainnya. Dalam proyek konstruksi yang kompleks, sering terjadi kesenjangan komunikasi antar disiplin yang menyebabkan miskomunikasi dalam desain. BIM menyediakan platform kolaboratif di mana semua tim, termasuk arsitek, insinyur, dan kontraktor, dapat bekerja pada model yang sama, memperbarui, dan meninjau perubahan desain secara real-time.
Keterbatasan Komunikasi dan Kolaborasi	Dengan metode BIM, setiap perubahan yang dibuat oleh satu disiplin dapat dilihat oleh disiplin lainnya, sehingga mengurangi kesalahan akibat kurangnya informasi atau miskomunikasi.
Ketidaksesuaian Informasi Desain	Salah satu permasalahan yang umum adalah ketidaksesuaian atau perbedaan informasi antara gambar desain dan kondisi aktual. BIM memungkinkan adanya sumber informasi yang terpusat (single source of truth), sehingga semua pihak menggunakan informasi yang konsisten dan terkini.
Keterbatasan Koordinasi Ruang	Dengan BIM, setiap informasi desain diperbarui di satu model terpadu, memastikan bahwa setiap disiplin mengakses data yang sama tanpa perbedaan versi atau kesalahan interpretasi. Dalam proyek konstruksi yang melibatkan banyak disiplin, sering kali terjadi permasalahan alokasi ruang untuk elemen-elemen tertentu, seperti pipa, kabel, dan ducting, yang harus disesuaikan dengan struktur bangunan. BIM memfasilitasi visualisasi 3D dari seluruh elemen dalam proyek, memungkinkan tim untuk mengoptimalkan penggunaan ruang secara lebih efektif.
Perubahan Desain yang Tidak Terkendali	Dengan model BIM, tim dapat melakukan simulasi tata letak dan memverifikasi alokasi ruang untuk semua elemen secara lebih akurat, sehingga potensi benturan atau ketidaksesuaian ruang dapat dihindari. Permasalahan lain yang umum terjadi adalah perubahan desain yang tidak dikomunikasikan dengan baik dan tidak terdokumentasi, yang menyebabkan kebingungan di lapangan. BIM memungkinkan setiap perubahan desain direkam dan dilacak secara digital, sehingga setiap anggota tim dapat mengetahui pembaruan desain yang terjadi. Dengan model BIM yang selalu terkini, perubahan desain dapat dilihat dan ditinjau oleh semua disiplin, menghindari konflik yang disebabkan oleh perubahan yang tidak terkontrol.
Kesulitan dalam Penjadwalan dan Koordinasi Waktu	Proyek konstruksi sering kali menghadapi masalah dalam penjadwalan dan koordinasi waktu antara berbagai disiplin. BIM, dengan bantuan 4D BIM (integrasi waktu dalam model 3D), memungkinkan tim untuk membuat dan mengelola penjadwalan secara lebih terperinci dan terkoordinasi. Dengan 4D BIM, setiap elemen desain dapat dikaitkan dengan jadwal konstruksi, memungkinkan tim untuk memvisualisasikan urutan pekerjaan dan menghindari konflik dalam jadwal antara disiplin.
Kesulitan Memverifikasi Konstruktabilitas Desain	BIM juga membantu tim dalam menilai konstruktabilitas desain dengan menyediakan simulasi konstruksi dan analisis virtual. Dengan metode ini, tim dapat mengidentifikasi tantangan dalam konstruksi sejak awal dan melakukan penyesuaian pada desain. Dengan BIM, masalah konstruktabilitas seperti aksesibilitas lokasi konstruksi atau urutan instalasi dapat dianalisis dan dipastikan sesuai, sehingga mengurangi masalah di lapangan.

4.2 Variabel hubungan antara *clash detection* dan *clash avoidance*

Pada **Tabel 7** akan mengklasifikasikan hubungan antara *Clash Detection* dan *Clash Avoidance* tersebut berdasarkan inequality dan equality terkait berbedaan dan persamaannya.

4.2. Identifikasi permasalahan koordinasi antar elemen desain melalui peran metode BIM

Pada **Tabel 8** berisikan penjelasan terkait hasil identifikasi permasalahan koordinasi yang terjadi antar elemen desain yang terjadi pada penggunaan metode BIM.

4.3 Peranan metode BIM dalam mengoptimalkan konstruktabilitas proyek IPD melalui *clash detection & clash avoidance*

Tabel 9. Keterbatasan *clash detection* pada BIM dalam studi kasus proyek

Keterbatasan Clash Detection	Analisa:
Kompleksitas Analisis	Kompleksitas Analisis : <i>Clash detection</i> sering kali hanya mendeteksi benturan fisik (<i>hard clashes</i>), sementara benturan yang bersifat non-fisik (<i>soft clashes</i> atau <i>workflow clashes</i>), seperti konflik jadwal pemasangan atau aksesibilitas, sulit diidentifikasi.
Ketergantungan pada Parameter Input:	Sistem BIM mungkin tidak sepenuhnya dapat menangani analisis benturan pada elemen yang saling terkait secara dinamis di lapangan. Deteksi benturan sangat bergantung pada kualitas data input. Ketidakakuratan data dari berbagai disiplin (arsitektur, struktur, mekanikal) sering kali menyebabkan benturan tidak terdeteksi.
Kurangnya Pemahaman Multidisiplin :	<i>Clash detection</i> membutuhkan interpretasi dari tim multidisiplin. Namun, tanpa koordinasi yang kuat, rekomendasi hasil analisis benturan mungkin tidak selaras dengan solusi praktis.
Efisiensi Waktu:	Meski BIM mengotomatiskan deteksi, proses untuk mereview dan mengintegrasikan hasil deteksi ke dalam jadwal proyek masih memakan waktu, yang dapat memengaruhi <i>constraint</i> waktu.

Clash Detection dalam BIM membantu mengidentifikasi benturan antara elemen-elemen desain dari berbagai disiplin (arsitektur, struktural, MEP) sebelum konstruksi dimulai. Ini memungkinkan tim untuk menyelesaikan masalah lebih awal, sehingga mengurangi perubahan desain selama konstruksi dan mencegah terjadinya rework yang mahal. Dalam konteks proyek *Integrated Project Delivery* (IPD), *Clash Detection* sangat membantu kolaborasi antar tim, memungkinkan semua pihak untuk melihat potensi masalah secara bersamaan dan mencari solusi yang disepakati bersama. Ini berkontribusi pada konstruktabilitas yang lebih baik karena setiap elemen yang terdeteksi berpotensi menjadi penghambat pelaksanaan di lapangan dapat ditangani lebih dini.

Clash Avoidance bertujuan untuk mencegah terjadinya benturan sejak awal desain. BIM menyediakan alat untuk memodelkan dan memvisualisasikan elemen-elemen bangunan dalam 3D, sehingga tim desain dapat menyusun model dengan mempertimbangkan posisi elemen-elemen agar tidak saling bertabrakan. Dalam proyek IPD yang menekankan kolaborasi, *clash avoidance* memungkinkan tiap disiplin untuk berkoordinasi secara intensif saat membuat model desain, sehingga posisi elemen-elemen dapat diatur sedemikian rupa untuk meminimalkan kemungkinan benturan. Ini tidak hanya meningkatkan konstruktabilitas, tetapi juga mempercepat proses konstruksi dengan mengurangi potensi kendala di lapangan.

BIM berfungsi sebagai platform yang memungkinkan setiap pihak dalam proyek IPD (arsitek, insinyur, kontraktor) untuk bekerja pada model yang sama, sehingga lebih mudah mendeteksi dan menghindari benturan sejak dini. Kolaborasi ini memastikan setiap

Tabel 10. Keterbatasan *clash avoidance* pada BIM dalam studi kasus proyek

Keterbatasan Clash Avoidance	Analisa
Keterbatasan Perencanaan Awal	<i>Clash avoidance</i> membutuhkan perencanaan dan koordinasi di tahap desain awal. Namun, pada proyek IPD yang kompleks, penentuan prioritas elemen desain sering kali berubah, sehingga sulit untuk benar-benar menghindari benturan.
Kendala Kolaborasi dan Komunikasi	Meskipun IPD bertujuan meningkatkan kolaborasi, perbedaan pendekatan antar tim dapat menciptakan kesenjangan komunikasi, yang pada akhirnya memengaruhi upaya penghindaran benturan.
Kendala Teknologi	Tidak semua perangkat BIM mendukung simulasi atau prediksi secara real-time yang memadai untuk mencegah benturan. Alat prediksi benturan sering kali kurang optimal dalam mempertimbangkan variabel eksternal (seperti perubahan desain mendadak atau kondisi lapangan).

perubahan atau konflik dalam desain bisa langsung diidentifikasi dan diselesaikan bersama. Dengan adanya model terintegrasi, setiap tim disiplin dapat memahami kebutuhan masing-masing, sehingga dapat membuat penyesuaian yang diperlukan untuk memastikan semua elemen kompatibel dalam proses konstruksi. Kolaborasi ini sangat penting dalam mengoptimalkan konstruktabilitas dan menghindari masalah-masalah konstruktif di lapangan.

Dengan mendeteksi dan menghindari benturan melalui BIM, proyek dapat mengurangi waktu dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah di lapangan. Rework atau pekerjaan ulang yang seringkali disebabkan oleh benturan yang tidak terdeteksi bisa diminimalkan. Dalam proyek IPD, BIM memungkinkan tim untuk mengevaluasi berbagai alternatif desain dan konstruksi dengan cepat sehingga memilih opsi yang paling efisien. Mengoptimalkan konstruktabilitas melalui deteksi dan penghindaran benturan berdampak langsung pada penghematan waktu dan biaya.

Clash Detection dan *Clash Avoidance* juga membantu memastikan bahwa desain memenuhi standar kualitas dan keselamatan yang telah ditetapkan. Dengan mencegah benturan yang mungkin membahayakan struktur atau keselamatan pekerja, BIM mendukung pencapaian standar kualitas dan keamanan yang tinggi.

Dalam konteks IPD, semua pihak dapat bersama-sama mengidentifikasi area berisiko dan membuat desain yang memperhatikan akses yang aman, sehingga pelaksanaan konstruksi lebih tertata dan aman.

4.4. Keterbatasan *Clash Detection* & *Clash Avoidance* Pada BIM yang masih perlu disempurnakan dalam Studi Kasus Proyek IPD

Pada **Tabel 9** berisi penjelasan terkait hasil analisa keterbatasan dari *Clash Detection* peranannya metode BIM yang perlu disempurnakan dan diperbaiki.

Tabel 11. Dampak Clash detection & Clash Avoidance pada BIM dalam studi kasus proyek terhadap Triple Constraint

Dampak	Kesimpulan	Refrensi
Waktu	Pemrosesan deteksi dan penghindaran benturan sering kali memakan waktu tambahan, yang dapat memperpanjang durasi proyek jika tidak dikelola dengan baik.	(Murphy & Al Athas, 2020; Perdana et al., 2022)
Biaya	Revisi desain akibat benturan yang tidak terdeteksi atau upaya penghindaran yang kurang efektif dapat meningkatkan biaya desain dan konstruksi.	(Izzudin & Widiasanti, 2024; Murphy & Al Athas, 2020; Perdana et al., 2022)
Kualitas	Fokus pada penghindaran benturan teknis sering kali mengesampingkan elemen kualitas desain yang lebih subjektif, seperti estetika atau kenyamanan pengguna.	(Izzudin & Widiasanti, 2024; Khalid et al., 2024; Perdana et al., 2022)

Pada **Tabel 10** berisi penjelasan terkait hasil analisa keterbatasan dari Clash Avoidance peranan metode BIM yang perlu disempurnakan dan diperbaiki.

Tabel terakhir ini menyajikan kesimpulan-kesimpulan dari hasil analisis literatur terkait dampak yang ditimbulkan oleh *clash detection* dan *clash avoidance* dalam studi kasus proyek apakah memenuhi *triple constraint* atau tidak.

Dengan mengatasi keterbatasan ini, efektivitas penggunaan BIM dalam proyek IPD dapat lebih optimal, sehingga mampu mendukung pencapaian *triple constraint* secara lebih terintegrasi.

5. Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis literatur, BIM terbukti efektif dalam meningkatkan konstruktabilitas proyek IPD melalui pendekatan *clash detection* dan *clash avoidance*. Dengan fitur visualisasi 3D dan simulasi real-time, BIM memungkinkan deteksi dini benturan, memperbaiki kolaborasi antardisiplin, serta menyediakan informasi yang terpusat untuk mengurangi risiko kesalahan desain. BIM juga memfasilitasi integrasi jadwal konstruksi (4D BIM) yang membantu mempercepat proses pelaksanaan dan mengurangi biaya akibat pekerjaan ulang. Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa keterbatasan, seperti:
 - a. Ketergantungan pada akurasi data input yang dapat memengaruhi efektivitas deteksi benturan.
 - b. Keterbatasan kolaborasi dan komunikasi antar tim dalam menghindari benturan pada tahap awal.
 - c. Keterbatasan teknologi perangkat BIM dalam mempertimbangkan variabel eksternal atau kondisi lapangan yang dinamis.
2. Untuk mengatasi hal tersebut, peningkatan teknologi simulasi, pelatihan multidisiplin, serta

Tabel 11. Langkah perbaikan untuk mengoptimalkan konstruktabilitas pada studi kasus IPD

Langkah Perbaikan	Upaya
Peningkatan Teknologi dan Automasi	Mengembangkan algoritma yang lebih cerdas untuk <i>clash detection</i> dan simulasi yang mampu mengintegrasikan analisis lintas disiplin.
Integrasi Data yang Lebih Baik	Menggunakan standar data yang seragam (seperti IFC) untuk memastikan kompatibilitas antar platform BIM.
Peningkatan Pelatihan Tim	Memberikan pelatihan multidisiplin untuk meningkatkan pemahaman bersama mengenai upaya deteksi dan penghindaran benturan.
Simulasi dan Prediksi Real -Time	Memanfaatkan teknologi seperti AI atau <i>machine learning</i> untuk memprediksi benturan dan dampaknya pada jadwal serta biaya proyek sejak awal.

standar interoperabilitas yang lebih baik direkomendasikan agar BIM dapat lebih optimal dalam mendukung pelaksanaan proyek IPD yang efektif dan efisien.

3. Metode BIM membantu mengatasi berbagai tantangan koordinasi yang sering muncul dalam proyek konstruksi, terutama pada proyek dengan kolaborasi multi-disiplin. Hasilnya, penggunaan BIM berpotensi mengurangi kesalahan, menekan biaya, dan mempercepat proses konstruksi, sehingga proyek dapat berjalan lebih lancar, efektif, dan efisien.

Daftar Pustaka

- Akponeware, A. O., & Adamu, Z. A. (2017). *Clash detection or clash avoidance? An investigation into coordination problems in 3D BIM*. Buildings, 7(3). <https://doi.org/10.3390/buildings7030075>
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (n.d.). *Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond*. <https://doi.org/10.3316/informit.013120167780649>
- Eastman, C. M. . (2008). *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Wiley.
- 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. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v7i1.3182>
- Haqqa, R. A., & Mutaqi, A. S. (2023). *Peran Integrasi dalam Pelaksanaan Proyek Terpadu* (Vol. 4). <http://jurnal.polinema.ac.id/>
- Izzudin, A., & Widiasanti, I. (2024). *Pengaruh Clash Detection Pada Proses Perencanaan Biaya Pada*

- Laboratorium PUT. Jurnal Talenta Sipil, 7(1), 301. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i1.466>*
- Kale, S., Narkhede, P., & Preeti Kale, A. R. (2022). *Clash Detection and Conflict Analysis Using BIM to Enhance Construct Ability In Integrated Project Delivery UGC Care Approved Journal Clash Detection and Conflict Analysis Using BIM TO Enhance Construct Ability In Integrated Project Delivery.* 26(3). <https://www.researchgate.net/publication/372288270>
- Khalid, R., Soetjipto, J. W., & Maliq, T. M. (2024). *Penerapan BIM pada Perencanaan Gedung Perkantoran untuk Mendeteksi Clash Detection dan QTO Pekerjaan Struktur.* In *Journal of Ikatan Ahli Manajemen Proyek Indonesia* (Vol. 02, Issue 1). <https://journal.unej.ac.id/JIAMPI/issue/archive>
- Murphy, W. K., & Al Athas, S. I. (2020). *Sustainability in Architecture SIA Series 7-2020| 69 Penggunaan Clash Detection Untuk Efisiensi Biaya Dan Waktu Pada Perencanaan Bangunan Industrial Berbasis IPD.*
- Perdana, K. P., Purnamasari, E., & Fathurrahman. (2022). *Analisis Clash Detection Menggunakan Metode Building Information Modeling (BIM) Pada Gedung Bertingkat.* <https://www.linkedin.com/pulse/3d>
- Rizky Hutama, H., & Sekarsari, J. (2016). *Analisa Faktor Penghambat Penerapan Building Information Modeling Dalam Proyek Konstruksi (The Obstacle Factors in The Implementation of BIM in Construction Projects).* In *J.Infras* (Vol. 4, Issue 1).
- Savitri, D. M., Juliastuti, & Pramudya, A. A. (2020). Clash detection analysis with BIM-based software on midrise building construction project. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012002>
- Sherif, M., Abotaleb, I., & Alqahtani, F. K. (2022). Application of Integrated Project Delivery (IPD) in the Middle East: Implementation and Challenges. *Buildings*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/buildings12040467>
- Siregar, I. S. Z., Simanjuntak, P., & Purnomo, C. C. (2024). The Effect Of Building Information Modelling (BIM) Method Implementation On The Effectiveness Building Construction Implementation Management In The Construction Industry. *Jurnal PenSil*, 13(2), 145–157. <https://doi.org/10.21009/jpensil.v13i2.44243>
- Siswanto. (n.d.). *Systematic Review Sebagai Metode Penelitian Untuk Mensintesis Hasil-Hasil Penelitian (Sebuah Pengantar).*
- Tommelein, I. D., & Gholami, S. (2012). *Root Causes Of Clashes In Building Information Models.* www.autodesk.com/Navisworks-Manage
- Vaidyanathan, K., Higgins, D., & Rubel, Z. (2015). *Clash Avoidance As A Lean Strategy For Design.*
- van Dinter, R., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2021). *Automation of systematic literature reviews: A systematic literature review.* In *Information and Software Technology* (Vol. 136). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106589>
- Wahono, R. S. (2015). *A Systematic Literature Review of Software Defect Prediction: Research Trends, Datasets, Methods and Frameworks.* *Journal of Software Engineering*, 1(1). <http://journal.ilmukomputer.org>
- Yönder, V. M., & Çavka, H. B. (2024). *A Case Study Of Clash Detection For Early Design Phases In Building Information Modelling.*

