

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Research Gap*

Dalam penyusunan penelitian ini, berbagai studi yang relevan telah ditinjau untuk mengeksplorasi penggunaan *Lean Construction* dan *Building Information Modeling* (BIM) dalam proyek konstruksi, khususnya dalam konteks pengurangan limbah dan keberlanjutan. Tabel 1 menyajikan ringkasan beberapa penelitian terdahulu yang berfokus pada kombinasi *lean* dan BIM, dengan menyoroti judul, tujuan, kekurangan, dan referensi utama dari masing-masing penelitian.

Berdasarkan peninjauan literatur, terlihat bahwa terdapat beberapa penelitian yang mengupayakan peningkatan efisiensi melalui sinergi *lean* dan BIM. Namun, masih terdapat celah penelitian, khususnya dalam pemanfaatan BIM sebagai alat pendukung *Lean* dalam mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi juga belum dikaji secara sistematis. Sebagian besar penelitian tentang BIM dan *Lean Construction* dilakukan dalam studi kasus proyek tertentu. Namun, belum banyak yang menyusun tinjauan sistematis (*Systematic Literature Review*) untuk merangkum bagaimana BIM secara konkret mendukung prinsip *Lean* dalam konstruksi. Selain itu, dengan adanya perkembangan teknologi, terbuka peluang untuk munculnya prinsip-prinsip baru yang relevan. Perkembangan ini juga memperluas peran BIM, memungkinkan integrasi yang lebih efektif dalam berbagai tahap proyek konstruksi, dari perencanaan hingga pelaksanaan, untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi dan pengurangan pemborosan.

Sebagai contoh, beberapa penelitian, seperti studi tentang penerapan *Value Stream Mapping* (VSM) untuk memvisualisasikan pemborosan informasi di proyek BIM, masih terbatas pada satu proyek tunggal, sehingga sulit untuk digeneralisasi. Penelitian lainnya berfokus pada integrasi BIM dan *Lean Construction* dalam proses pembongkaran, tetapi jarang yang memperluas jangkauan penerapannya ke konteks konstruksi material baru. Selain itu, banyak penelitian yang masih kekurangan contoh empiris yang kuat atau implementasi nyata dalam skala industri yang lebih besar.

Tabel 1. Penelitian terdahulu

No.	Judul	Tujuan	Kekurangan	Referensi
1	"A Lean Approach to Optimizing BIM Information Flow Using Value Stream Mapping"	Mengidentifikasi sumber pemborosan dalam aliran informasi BIM di proyek konstruksi dan menawarkan strategi pengurangannya, serta memberikan wawasan tentang penggunaan <i>Value Stream Mapping</i> (VSM) untuk memvisualisasi pemborosan.	Keterbatasan data dari satu proyek membatasi generalisasi hasil, ditambah variabilitas kematangan BIM antar- <i>stakeholder</i> yang mempengaruhi solusi. Perubahan dari metode tradisional membutuhkan waktu dan usaha, serta diperlukan penelitian lebih lanjut untuk validasi solusi pemborosan.	[3]
2	<i>Lean and BIM Implementation in Colombia; Interactions and Lessons Learned</i>	Membahas pelajaran yang dipetik dari implementasi pendekatan <i>lean</i> dan BIM secara bersamaan dalam studi kasus di Kolombia.	Literatur sumber masih kekurangan contoh-contoh spesifik implementasi BIM dan <i>lean</i> secara bersamaan oleh klien untuk pertama kalinya di perusahaan konstruksi menengah.	[4]
3	<i>An Exploration of BIM and Lean Interaction in Optimizing Demolition Projects</i>	Memperluas matriks interaksi BIM- <i>Lean</i> untuk mencakup proses dekonstruksi dan pembongkaran	Penelitian ini secara khusus berfokus pada proyek demolisasi.	[5]

No.	Judul	Tujuan	Kekurangan	Referensi
4	<i>An integrated Building Information Modelling, Integrated Project Delivery and Lean Construction Maturity Model</i>	Mengevaluasi dan menganalisis penerapan model integrasi tingkat bangunan (<i>Building Information Level - BIL</i>) dalam proyek konstruksi.	Berfokus pada faktor-faktor mikro dalam implementasi BIL (<i>BIM Integration Level</i>). Faktor-faktor makro seperti karakteristik pasar global belum dipertimbangkan secara mendalam.	[6]
5	<i>Lean Based Maturity Framework Integrating Value, BIM and Big Data Analytics: Evidence from AEC Industry</i>	Mengembangkan kerangka kerja kematangan yang memfasilitasi adopsi konsep LM, VE, BIM, dan <i>Big Data Analytic</i> (BDA) untuk mengatasi masalah produktivitas dan digitalisasi yang sudah berlangsung lama dalam industri Arsitektur, Rekayasa, dan Konstruksi (AEC).	Kekurangan dalam menjelaskan secara mendalam sinergi antara metodologi <i>Lean Management</i> (LM), <i>Value Engineering</i> (VE), <i>Building Information Modeling</i> (BIM), dan <i>Big Data Analytics</i> (BDA), serta kurangnya data empiris yang kuat dengan hanya menggunakan dua wawancara dan lima ahli sebagai responden	[7]
6	<i>Mapping of BIM Process for Teaching Lean</i>	Membahas bagaimana <i>Value Stream Mapping</i> (VSM), sebuah alat <i>Lean</i>	Keterbatasan bawaan karena bereksperimen dalam lingkungan yang terkendali, dan tingkat kompetensi peserta, yang merupakan mahasiswa pascasarjana.	[8]

2.2. Lean Construction

Lean Construction merupakan pendekatan yang diadaptasi dari prinsip *Lean Manufacturing*, yang utamanya ditujukan untuk meminimalkan pemborosan dan memaksimalkan nilai dalam proyek konstruksi. Metodologi ini berfokus pada pengurangan aktivitas yang tidak menghasilkan nilai, seperti produksi berlebih, keterlambatan, dan cacat, untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas [10]. Konstruksi ramping mengintegrasikan prinsip-prinsip seperti fokus pelanggan, perbaikan berkelanjutan, dan penghapusan pemborosan, yang penting untuk meningkatkan kinerja dan keberlanjutan proyek [11]. Dengan demikian, konstruksi

ramping dapat mengurangi waktu pengerjaan, dikelola dengan biaya lebih efisien, dan memberikan peningkatan dalam kualitas hasil [12].

Pemikiran *lean* berasal dari industri manufaktur, khususnya di industri otomotif. Henry Ford menjadi pelopor dalam menerapkan proses produksi *lean* yang mengintegrasikan pekerjaan dan pengangkutan, yang dikenal sebagai proses aliran. Proses ini kemudian diadopsi dan dimodifikasi oleh para pendiri Toyota (Taiichi Ohno dan Kiichiro Toyoda), yang kemudian menciptakan Sistem Produksi Toyota (*Toyota Production System*). Tujuan utama *lean* adalah menghilangkan pemborosan dalam kegiatan proses, serta meningkatkan kualitas dan efisiensi [13]. *Lean Construction* mengklasifikasikan limbah konstruksi menjadi beberapa kategori yang dikenal sebagai "aktivitas tidak bernilai tambah" atau aktivitas yang tidak menambah nilai. Berikut adalah beberapa kategori utama limbah dalam *Lean Construction* menurut [14]:

1. Transportasi : Limbah yang terjadi karena pergerakan material atau peralatan yang tidak diperlukan.
2. Gerakan (*Motion*) : Limbah yang dihasilkan dari gerakan pekerja yang tidak efisien atau tidak perlu.
3. Inventaris : Limbah yang terjadi karena penyimpanan material yang berlebihan atau tidak terpakai.
4. Menunggu (*Waiting*) : Limbah yang terjadi ketika pekerja atau material menunggu untuk proses berikutnya.
5. Produksi Berlebih (*Overproduction*) : Limbah yang dihasilkan dari produksi yang melebihi kebutuhan.
6. Cacat (*Defects*) : Limbah yang terjadi karena kesalahan atau kerusakan yang

memerlukan perbaikan atau penggantian.

7. Pemrosesan Berlebih (*Over-processing*) : Limbah yang terjadi karena proses yang lebih rumit atau lebih lama dari yang diperlukan.
8. Kreativitas Karyawan yang Tidak Terpakai (*Unused Employee Creativity*) : Limbah yang terjadi ketika ide atau keterampilan pekerja tidak dimanfaatkan.
9. Kecelakaan Kerja (*Work Accidents*) : Limbah yang terjadi karena kecelakaan yang mengganggu proses kerja.

Metode *Lean Construction* telah diperkenalkan, di mana prinsip-prinsip tersebut digunakan untuk menyempurnakan proses konstruksi sehingga kebutuhan klien dapat dicapai dengan cara yang lebih efisien.

2.3. Building Information Modelling (BIM)

BIM (*Building Information Modeling*) merupakan model digital yang mencakup data fisik dan fungsional dari sebuah bangunan. Model ini digunakan untuk merencanakan, merencanakan, membangun, dan mengoperasikan fasilitas [15]. BIM adalah akronim yang sangat populer digunakan dalam dekade terakhir. Saat ini, bangunan atau konstruksi sudah dirancang menggunakan BIM. Namun, penggunaannya lebih banyak pada bangunan besar, sementara penerapan BIM untuk rumah kecil atau pondok masih dalam tahap awal karena harga awal yang tinggi dan biaya pemeliharaan sistem. BIM modern memberikan manfaat jangka panjang, terutama dalam mendefinisikan dan menentukan posisi jaringan utilitas (jalur listrik, pasokan air, saluran pembuangan, jaringan tegangan rendah), elemen konstruksi, serta pemantauan masa pakainya. Hal ini berujung pada penghematan

biaya dan menjaga bangunan tetap dalam kondisi baik. Dalam hal ini, penting untuk mempertimbangkan perkembangan teknologi komputer dan perangkat lunak yang sangat cepat [16].

BIM telah menjadi inovasi penting dalam industri konstruksi, memastikan proses berkelanjutan dalam desain dan produksi melalui komunikasi yang baik antara desainer dan kontraktor. BIM juga mencakup lebih dari sekadar model 3D, mengintegrasikan aspek manajemen dan siklus hidup proyek. Berikut adalah ringkasan dimensi BIM yang umum dikenal:

1. **BIM 3D** (Model Tiga Dimensi): Ini adalah dimensi dasar BIM, yang melibatkan pembuatan representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional suatu fasilitas [17].
2. **BIM 4D** (Waktu): Dimensi ini mengintegrasikan model 3D dengan informasi terkait waktu, memungkinkan simulasi proses konstruksi, penjadwalan, dan manajemen proyek [18].
3. **BIM 5D** (Biaya): Dimensi ini menambahkan data biaya ke model 3D dan 4D, memungkinkan estimasi biaya terperinci dan manajemen keuangan sepanjang siklus hidup proyek [19].
4. **BIM 6D** (Keberlanjutan): Sering dikaitkan dengan keberlanjutan, dimensi ini mencakup data yang terkait dengan konsumsi energi, dampak lingkungan, dan metrik keberlanjutan lainnya [20].
5. **BIM 7D** (Manajemen Fasilitas): Berfokus pada manajemen fasilitas, termasuk pemeliharaan dan pengoperasian gedung pasca konstruksi [21].
6. **BIM 8D** (Manajemen Keselamatan): Mengeksplorasi kemampuan BIM dalam mendukung koordinasi dan manajemen keselamatan serta kesehatan

kerja yang lebih efisien pada proyek rehabilitasi bangunan. Hal ini mencakup peningkatan dan validasi metode serta urutan pembongkaran dan konstruksi, penjadwalan pekerjaan konstruksi, serta dokumen wajib pencegahan risiko kerja di lokasi konstruksi [22].

7. **BIM 9D** konstruksi ramping.
8. **BIM 10D** industrialisasi konstruksi.

2.4. Limbah konstruksi

Construction and Demolition (C&D) didefinisikan sebagai limbah yang dihasilkan selama proses pembangunan baru, renovasi, dan pembongkaran bangunan serta struktur. Limbah C&D telah menjadi salah satu masalah lingkungan yang paling serius. Studi terbaru menunjukkan bahwa limbah C&D menyumbang sekitar 10–30% dari total limbah yang diterima di banyak lokasi tempat pembuangan akhir di seluruh dunia [23]. Limbah ini mencakup material padat dan non-padat yang muncul pada berbagai tahap siklus hidup proyek, seperti tahap ide, desain, konstruksi, dan operasi/pemeliharaan [24].

Limbah konstruksi merupakan perhatian lingkungan yang signifikan, dan memahami jenis-jenisnya sangat penting untuk pengelolaan limbah yang efektif. Jenis-jenis limbah konstruksi dapat secara luas dikategorikan menjadi material *inert* dan *non-inert*. Material *Inert* termasuk puing-puing konstruksi, reruntuhan, tanah, aspal, dan beton. Material *inert* umumnya tidak mudah terurai secara hayati dan sulit mengalami dekomposisi [25]. Material *Non-Inert* meliputi bambu, plastik, kayu, kertas, dan vegetasi. Material *non-inert* lebih mungkin terurai dan bisa lebih sulit dikelola karena sifatnya yang beragam [25].