

Analisis Perspektif Kontraktor terhadap Penyebab Terjadinya Limbah Konstruksi

Susy F Rostiyanti^{1,*}, Ario Bintang Koesalamwardi¹, Intan Ermariza¹

Program Studi Manajemen dan Rekayasa Konstruksi, Universitas Agung Podomoro, Jakarta¹

Koresponden*, Email: susy.rostiyanti@podomorouniversity.ac.id

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	11 Agustus 2023	<i>The construction industry plays a crucial role in economic growth through infrastructure provision. However, it also brings negative impacts like increased greenhouse gas emissions, resource depletion, and construction-related waste, harming the environment. From the perspective of contractors, waste can manifest in both physical and non-physical forms, originating from external and internal factors. The study aims to pinpoint these waste-causing variables, enabling contractors to actively reduce waste. The methodology employed for this study encompasses a systematic literature review, followed by a meta-analysis. The research findings indicate that an external factor beyond the contractor's control that leads to waste is design changes after project commencement. On the other hand, concerning internal factors, two variables contribute to waste generation: incompetence worker and lack of supervision. Contractors can effectively address these internal factors within their control through training initiatives and waste management strategies formulation.</i>
Diperbaiki	23 Maret 2024	
Disetujui	11 Juli 2024	

Keywords: physical waste, non-physical waste, waste factors, contractor, systematic literature review.

Abstrak

Sektor konstruksi memainkan peran penting dalam pertumbuhan ekonomi melalui penyediaan infrastruktur. Namun, sektor ini juga membawa dampak negatif seperti peningkatan emisi gas rumah kaca, penipisan sumber daya, dan limbah konstruksi yang merusak lingkungan. Dari sisi kontraktor, pemborosan dapat berwujud fisik maupun non fisik, yang bersumber dari faktor eksternal dan internal. Studi ini bertujuan untuk menentukan variabel-variabel penyebab limbah sehingga memungkinkan kontraktor untuk secara aktif menguranginya. Metodologi yang digunakan untuk penelitian ini meliputi *systematic literature review* (tinjauan literatur sistematis), diikuti dengan meta-analisis. Temuan penelitian menunjukkan bahwa faktor eksternal di luar kendali kontraktor yang menyebabkan limbah adalah perubahan desain setelah dimulainya konstruksi. Di sisi lain, pada faktor internal terdapat dua variabel yang berkontribusi terhadap limbah: pekerja yang tidak kompeten dan kurangnya pengawasan. Kontraktor dapat secara efektif menangani penyebab limbah yang berada dalam kendali melalui pelatihan dan pengembangan strategi pengelolaan limbah.

Kata kunci: limbah fisik, limbah non-fisik, faktor limbah, kontraktor, tinjauan literatur sistematis.

1. Pendahuluan

Sektor konstruksi merupakan salah satu kontributor terhadap pertumbuhan dan pembangunan ekonomi. Sektor ini memainkan peran yang sangat penting dalam menyediakan infrastruktur yang dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas hidup [1,2]. Keterkaitan sektor konstruksi dengan berbagai sektor lainnya menjadikan sektor konstruksi sebagai bagian penting pembangunan karena memiliki dampak ganda pada ekonomi yang lebih luas. Infrastruktur yang dibangun dalam berbagai proyek konstruksi memberikan manfaat besar bagi masyarakat seperti terbentuknya lapangan kerja dan adanya mobilitas manusia maupun produk [2,3].

Namun, proyek konstruksi juga memiliki dampak negatif seperti peningkatan emisi gas rumah kaca, berkurangnya sumber daya alam, dan bertambahnya limbah yang ditimbulkan dari proses konstruksi [2]. Limbah konstruksi dapat timbul dari awal proses pelaksanaan hingga serah terima proyek konstruksi [4]. Limbah konstruksi yang dihasilkan

selama pelaksanaan proyek berdampak buruk bagi lingkungan. Selain itu, limbah konstruksi juga memiliki dampak terhadap pemangku kepentingan yang terlibat, termasuk juga kontraktor. Limbah konstruksi dapat mengakibatkan berkurangnya pendapatan bagi kontraktor. Pada aspek biaya, limbah yang ditimbulkan mengakibatkan pemborosan proyek sehingga terjadi pengeluaran yang lebih tinggi. Sedangkan pada aspek waktu, limbah konstruksi berkaitan erat dengan pekerjaan ulang yang mengakibatkan penurunan produktivitas akibat keterlambatan pelaksanaan pekerjaan [5]. Akibatnya, limbah konstruksi secara langsung maupun tidak langsung menyebabkan terjadinya pembengkakan biaya proyek atau *cost overrun* [6].

Limbah konstruksi merupakan pemborosan yang menyebabkan kerugian. Limbah konstruksi umumnya dikaitkan dengan kesalahan dalam penanganan material [7]. Terjadinya pembongkaran pekerjaan dan penyediaan material berlebih menjadi limbah karena tidak memberikan nilai tambah

terhadap pekerjaan konstruksi yang dilakukan Arsyad [8]. Dengan demikian, limbah konstruksi dapat dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu, limbah fisik dan limbah non fisik. Limbah fisik yaitu material yang timbul dari kegiatan konstruksi, renovasi dan pembongkaran termasuk penggalian tanah dan pembersihan lokasi. Limbah fisik dapat berupa limbah padat seperti bongkaran beton, tulangan baja, batu bata, bahan plastik, kertas, kerikil serta tanah [9]. Limbah non fisik merupakan limbah yang tidak berwujud. Limbah non fisik merupakan pemborosan karena aktivitas konstruksi yang dilakukan tidak menciptakan nilai tambah. Perbaikan atau pekerjaan ulang (*rework*) karena adanya kesalahan pekerjaan merupakan bentuk limbah non fisik. Kesalahan pekerjaan mengakibatkan durasi kerja menjadi lebih panjang dengan biaya lebih tinggi. Waktu dan biaya yang muncul tanpa adanya nilai tambah menjadi limbah non fisik pada pelaksanaan proyek konstruksi [9]. Material konstruksi memiliki kontribusi sebesar 40-60% terhadap total biaya proyek sehingga pemborosan material menyebabkan limbah non fisik berupa pembengkakan biaya pelaksanaan konstruksi (*cost overrun*) [10]. Pada akhirnya, pemborosan material juga dapat menyebabkan limbah non fisik lain seperti keterlambatan (*delay*) karena terjadi penambahan durasi pekerjaan [11].

Penyebab terjadinya limbah konstruksi bervariasi tergantung pada ukuran proyek, ruang lingkup pekerjaan dan lokasi proyek konstruksi yang dibagi menjadi faktor eksternal dan faktor internal [4]. Faktor eksternal penyebab limbah konstruksi antara lain disebabkan oleh pemilik proyek dan tidak dapat dikendalikan oleh kontraktor seperti adanya perubahan desain. Putra [7] berpendapat bahwa perubahan desain atas permintaan pemilik berkontribusi besar sebagai terjadinya limbah konstruksi. Perubahan desain terhadap lingkup pekerjaan dari kontrak awal proyek dapat mengakibatkan pekerjaan ulang sehingga terjadi keterlambatan dalam waktu pelaksanaan pekerjaan. Faktor internal penyebab limbah timbul dari pengelolaan kontraktor atas proyek yang sedang dikerjakan. Limbah yang disebabkan oleh faktor internal pada dasarnya dapat dikendalikan dan dikurangi. Salah satu penyebab terjadinya limbah pada faktor ini adalah pekerja yang tidak kompeten serta kurangnya pengawasan pekerjaan di lapangan. Kedua faktor ini saling berkaitan satu dengan lainnya. Kurangnya pengalaman tenaga kerja pada pekerjaan yang sedang dilakukan dapat mengakibatkan kesalahan pekerjaan sehingga menimbulkan limbah konstruksi [12]. Muhwezi [5] menambahkan bahwa kurangnya pengawasan dalam pelaksanaan pekerjaan di proyek juga dapat menyebabkan terjadinya kesalahan pekerjaan. Kedua penyebab ini dapat menyebabkan kesalahan

pekerjaan maupun pekerjaan ulang sehingga pada akhirnya timbul limbah non fisik.

Limbah fisik dan non fisik pada dasarnya dapat disebabkan oleh faktor eksternal di luar kendali kontraktor maupun faktor internal yang dapat dikendalikan. Kontraktor perlu menjaga pengelolaan seluruh sumber daya dan pemangku kepentingan yang terlibat di proyek agar proyek konstruksi dapat diselesaikan anggaran dan waktu yang sudah disepakati [6].

Min mengungkapkan bahwa kontraktor mempunyai kendali atas keberhasilan pengelolaan limbah konstruksi. Kendali kontraktor sebagai strategi menekan limbah dapat difokuskan pada beberapa aspek seperti manajemen dan kepemimpinan; tenaga kerja; kebijakan dan strategi; material, peralatan dan teknologi; serta praktik di lapangan. [13] menggarisbawahi bahwa kontraktor harus fokus memperkuat manajemen dan kepemimpinannya dalam pengelolaan limbah konstruksi. Ishak [14] mendukung pernyataan tersebut dengan menekankan perlunya pengetahuan pengelolaan limbah dan penugasan tenaga kerja khusus pengelolaan limbah.

Aspek lain yaitu tenaga kerja memiliki peranan penting untuk menjamin keberhasilan praktik pengelolaan limbah. Salah satu pendekatannya adalah dengan memberikan pelatihan dan pendidikan pengelolaan limbah bagi staf dan pekerja [13]. Selain sekolah formal, perlu ada persyaratan bagi staf maupun pekerja untuk mengikuti pelatihan. Pelatihan tidak hanya akan meningkatkan kemampuan kerja tetapi juga membantu mengurangi terjadinya limbah [15]. Kurangnya pelatihan menjadi hambatan bagi pengelolaan limbah yang efektif [16]. Ishak [14] menambahkan, staf dan pekerja harus memahami cara mengurangi, menggunakan kembali, dan mendaur ulang material; serta cara menangani limbah konstruksi.

Min, Ishak, Olanrewaju, dan Osmani [13], [14], [16], [17] menggarisbawahi pentingnya kebijakan dan strategi dalam pengelolaan limbah. Min [13] menekankan pada pentingnya pengembangan kebijakan secara internal di dalam organisasi kontraktor seperti pengembangan sistem pengelolaan limbah, kriteria kualitas dan keamanan material yang dapat digunakan kembali dan skor penilaian limbah. Sementara itu, Ishak, Olanrewaju, dan Osmani [14], [16], [17] lebih menekankan pada pentingnya keberadaan kebijakan terkait limbah yang ditetapkan oleh pemerintah.

Min, Ishak, dan Fitriani [13], [14], [15] menekankan bahwa pengiriman dan pengelolaan material yang efisien dapat mengurangi limbah konstruksi. Selain pemanfaatan material berkualitas tinggi dan terstandar, penggunaan peralatan dan teknologi canggih seperti *Building Information*

Modeling (BIM) dapat mengoptimalkan pengelolaan limbah. Dalam proyek konstruksi, aplikasi BIM dapat meningkatkan kolaborasi, dan manajemen proyek yang berkontribusi untuk mengurangi limbah material. Kontraktor perlu memprioritaskan sumber daya ini untuk meminimalkan timbulan limbah dan menangani material secara efektif di lokasi.

Kontraktor memegang kendali atas praktik di lokasi proyek dan metode konstruksi yang digunakan. Untuk mengurangi limbah konstruksi, penting untuk mengalokasikan ruang lokasi yang cukup dan mengatur tata letak pergerakan material. Selain itu Min dan Ishak [13],[14] menyarankan penerapan berbagai strategi: membangun tempat sampah terpisah untuk berbagai jenis limbah di area yang ditentukan, menggabungkan elemen struktur prefabrikasi dan komponen yang telah dirakit sebelumnya, memaksimalkan penggunaan kembali material di lokasi, meminimalkan pengerjaan ulang, dan menerapkan teknik konstruksi yang efektif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi variabel yang berkontribusi besar sebagai penyebab terjadinya limbah konstruksi menurut perspektif kontraktor. Dengan menggunakan pendekatan meta analisis, diharapkan variabel pada faktor internal dan eksternal penyebab terjadinya limbah dapat teridentifikasi. Identifikasi variabel dipetakan dalam sebuah kerangka penyebab limbah menurut perspektif kontraktor untuk diperoleh strategi kendali kontraktor dalam menekan limbah pada proyek konstruksi.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Systematic Literature Review (SLR). Studi literatur merupakan peninjauan literatur yang relevan melalui identifikasi, analisis dan ringkasan terhadap pertanyaan penelitian tertentu [18]. SLR merupakan proses dengan pendekatan terstruktur, dapat direplikasi, dan terdokumentasi dengan baik yang digunakan untuk mengungkap, menilai, dan menafsirkan literatur terkait dengan subjek atau pertanyaan penelitian tertentu [19]. Banyaknya penelitian dan publikasi terkait limbah konstruksi menjadikan SLR sebagai metode yang tepat dalam mengumpulkan dan menganalisis hasil dari publikasi-publikasi yang ada secara sistematis.

Penelitian ini diawali dengan menentukan pertanyaan penelitian yang diangkat, yaitu “faktor apa yang berkontribusi sebagai penyebab terjadinya limbah konstruksi menurut perspektif kontraktor.” Pencarian dan penyaringan artikel dilakukan sesuai dengan langkah 3 sampai Langkah 5. Pencarian artikel dilakukan berbasis google scholar dengan membatasi tahun publikasi selama 15 tahun yaitu dalam

rentang tahun 2008-2023. Pencarian dilakukan dalam dua bahasa yaitu Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia dengan menggunakan teknik boolean query. Penggunaan boolean query merupakan bagian tidak terpisahkan dari metode SLR. Boolean query secara tepat menentukan kutipan mana yang diambil sehingga kontrol atas pencarian dapat diterapkan [20].

Kata kunci dalam pencarian berbahasa Indonesia adalah “penyebab” AND “limbah konstruksi”. Dari kata kunci ini didapati hasil penelusuran sebanyak 242 artikel. Sedangkan pencarian menggunakan kata kunci dalam bahasa Inggris yaitu “*factors influencing*” AND “*construction waste*” AND “*building construction*” mendapati hasil penelusuran sebanyak 18.800 artikel. Untuk menunjukkan dengan tepat publikasi yang memenuhi syarat untuk disaring dalam SLR, boolean query disesuaikan agar memenuhi persyaratan informasi yang ditentukan dalam pertanyaan penelitian. Namun, boolean query ini sering kali menghasilkan pencarian yang tidak terkait dengan tinjauan [20]. Maka, pencarian artikel juga dilakukan dengan teknik alur mundur (*backward chaining*) dan alur maju (*forward chaining*). Alur mundur merupakan pendekatan yang dimulai dari tujuan yang ingin dicapai dan mundur untuk mencari fakta atau informasi yang mendukung. Sementara, alur maju merupakan pendekatan yang dimulai dengan fakta atau informasi yang ada dan dilanjutkan dengan mengaplikasikan aturan-aturan untuk mencapai tujuan penelitian [21]. Dengan penyaringan dan penilaian kualitas artikel sesuai kriteria yang telah ditetapkan, pencarian artikel menghasilkan 14 artikel yang digunakan sebagai studi literatur penelitian terdahulu sesuai dengan **Tabel 1**.

Metode analisis yang digunakan adalah meta analisis. Meta analisis merupakan metode yang valid, objektif, dan ilmiah untuk memeriksa dan menggabungkan berbagai hasil penelitian. Meta analisis berbeda dari SLR karena menggunakan statistik untuk mengumpulkan dan menarik perkiraan dari dua atau lebih studi [22]. Meta-analisis dapat dilakukan jika memungkinkan untuk menghasilkan penilaian terkonsolidasi menggunakan data yang dikumpulkan dari SLR. Oleh karena itu, meta analisis sebagai sekumpulan metode statistik yang menggabungkan hasil dari berbagai penelitian sering digunakan dalam SLR saat penelitian berkisar pada tinjauan kuantitatif terhadap temuan penelitian [23]. Pada langkah 5, analisis terhadap 14 artikel penelitian terdahulu didapatkanlah variabel penentu faktor penyebab limbah konstruksi. Variabel ini dianalisis dan diidentifikasi kembali agar variabel yang mempunyai makna yang sama dapat ditarik kesimpulannya untuk menjadi satu variabel penyebab terjadinya limbah konstruksi. Setelah variabel

penyebab limbah konstruksi terkumpul, variabel ini dikelompokkan menjadi dua yaitu faktor eksternal dan faktor internal kontraktor. Untuk perhitungan statistik penelitian ini menggunakan metode modus. Dengan membandingkan tiga

metode pengukuran tendensi sentral, metode modus efektif digunakan untuk pengambilan data terbanyak dalam indikator pengukuran [24] yang menampilkan data nominal [25].

Tabel 1. Penelitian terdahulu

No.	Sumber	Hasil Penelitian	No.	Sumber	Hasil Penelitian
J1	[4]	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan desain • Sikap dan perilaku pekerja yang lalai • Perencanaan metode konstruksi yang tidak tepat • Penyimpanan material tidak tepat 	J8	[27]	<ul style="list-style-type: none"> • Material yang rusak • Kesalahan pekerjaan • Kesalahan desain
J2	[5]	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan desain saat konstruksi • Kurangnya rencana pengolahan limbah • Penyimpanan material yang buruk • Adanya kesalahan pekerjaan 	J9	[28]	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumen desain yang tidak lengkap • Pemesanan material yang salah • Penyimpanan yang buruk
J3	[7]	<ul style="list-style-type: none"> • Pengelolaan material buruk • Pekerja melakukan kesalahan dalam pekerjaan • Pengawasan yang buruk 	J10	[29]	<ul style="list-style-type: none"> • Kesalahan pekerja • Penyimpanan material yang buruk • Kurangnya pengawasan material di lapangan • Material yang hilang
J4	[8]	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerja yang kurang kompeten • Perubahan desain • Penyimpanan material yang buruk 	J11	[30]	<ul style="list-style-type: none"> • Pengolahan limbah yang buruk • Perubahan desain • Desain yang buruk • Desain yang banyak menimbulkan sisa material
J5	[10]	<ul style="list-style-type: none"> • Kualitas material yang buruk • Kesalahan pekerjaan oleh tenaga kerja • Tidak menggunakan material sisa yang masih dapat digunakan • Informasi gambar yang tidak jelas 	J12	[31]	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan kualitas material yang buruk • Kurangnya informasi dalam gambar kerja • Informasi pada gambar tidak jelas
J6	[12]	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan desain • Tenaga kerja yang kurang berkompeten • Koordinasi antar pihak yang terlibat buruk • Pekerjaan yang buruk 	J13	[32]	<ul style="list-style-type: none"> • Kesalahan pekerjaan oleh pekerja • Pengelolaan material tidak baik • Penyimpanan material buruk
J7	[26]	<ul style="list-style-type: none"> • Kerusakan peralatan • Sisa hasil pemotongan material • Kesalahan dalam pembelian material 	J14	[33]	<ul style="list-style-type: none"> • Metode konstruksi yang digunakan kurang tepat • Peralatan yang rusak

Langkah selanjutnya adalah pengembangan kerangka penyebab dan akibat limbah konstruksi serta peran kontraktor dalam pengendalian limbah. Peran dan strategi kontraktor dalam penanganan limbah konstruksi dikembangkan dari hasil analisis terhadap faktor penyebab limbah. Peran kontraktor dalam penanganan limbah konstruksi ditentukan dari 5 artikel seperti pada **Tabel 2**.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan analisis terhadap 14 artikel yang ditelaah, terdapat 28 variabel penyebab limbah konstruksi. Variabel ini kemudian dikelompokkan ke dalam faktor eksternal dan faktor internal. Pada faktor eksternal terdapat sembilan variabel penyebab limbah konstruksi. Sedangkan pada faktor

eksternal terdapat sembilan belas variabel penyebab limbah konstruksi. Variabel penyebab limbah konstruksi beserta modus untuk masing-masing variabel yang didasari oleh jumlah artikel dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Peran Kontraktor dalam Penanganan Limbah

No.	Sumber	Peran Kontraktor
1	[13], [14]	Manajemen dan kepemimpinan

2	[13], [14], [16]	Tenaga kerja
3	[13], [14], [16], [17]	Kebijakan dan strategi
4	[13], [14], [15]	Material, peralatan dan teknologi
5	[13], [14]	Praktik di lapangan

Tabel 3. Faktor dan Variabel Penyebab Limbah Konstruksi

Faktor	Variabel Penyebab Limbah Konstruksi	Sumber	Total	
A. Eksternal	A.1	Perubahan desain oleh pemilik saat konstruksi sudah dimulai	[J1]; [J2]; [J3]; [J5]; [J6]; [J9]; [J13]; [J14]	8
	A.2	Pergantian spesifikasi material	[J5]; [J12]	2
	A.3	Kesalahan gambar kerja untuk pelaksanaan konstruksi	[J1]; [J2]; [J5]; [J6]; [J8]	5
	A.4	Desain yang rumit	[J1]; [J7]; [J11]; [J12]; [J13]	5
	A.5	Desain banyak menimbulkan limbah	[J1]; [J2]; [J5]; [J9]; [J11]; [J12]; [J13]	7
	A.6	Kurangnya koordinasi gambar kerja antara konsultan perencana dan kontraktor	[J5]; [J6]; [J7]; [J9]; [J13]	5
	A.7	Kurangnya informasi desain pada gambar kerja	[J2]; [J5]; [J9]; [J11]; [J13]	5
	A.8	Penggunaan spesifikasi material yang buruk	[J2]; [J5]; [J9]; [J12]; [J13]	5
	A.9	Konsultan perencana tidak berkompeten	[J1]; [J2]; [J3]; [J5]; [J9]; [J11]	6
B. Internal	B.1	Keterlambatan pengiriman material	[J4]; [J9]; [J14]	3
	B.2	Kesalahan perhitungan kuantitas dalam pemesanan material	[J3]; [J4]; [J5]; [J13]	4
	B.3	Pemesanan material tidak sesuai dengan spesifikasi yang ada	[J1]; [J2]; [J5]; [J7]; [J13]; [J14]	6
	B.4	Adanya jumlah minimum pemesanan dalam pemesanan material	[J2]; [J5]	2
	B.5	Penyimpanan material yang tidak memadai	[J1]; [J2]; [J3]; [J4]; [J10]; [J12]; [J14]	7
	B.6	Material rusak selama transportasi/perpindahan material	[J1]; [J2]; [J4]; [J5]; [J10]; [J12]; [J13]	7
	B.7	Kualitas material yang buruk	[J1]; [J4]; [J8]; [J10]; [J14]	5
	B.8	Pengelolaan sisa material yang buruk	[J1]; [J2]; [J7]; [J10]; [J11]; [J12]	6
	B.9	Kerusakan material disebabkan pihak lainnya	[J5]; [J10]; [J14]	3
	B.10	Material hilang	[J3]; [J4]; [J8]; [J10]; [J12]; [J13]	6
	B.11	Pekerja yang tidak kompeten	[J1]; [J3]; [J4]; [J5]; [J6]; [J7]; [J12]; [J13]; [J14]	9
	B.12	Perilaku pekerja yang tidak mau menggunakan sisa material	[J3]; [J8]; [J10]	3
	B.13	Peralatan yang tidak bekerja dengan baik/rusak	[J1]; [J5]; [J7]; [J12]; [J13]; [J14]	6

Faktor	Variabel Penyebab Limbah Konstruksi	Sumber	Total
B.14	Kurangnya pengawasan pekerjaan di lapangan	[J1]; [J2]; [J4]; [J5]; [J6]; [J7]; [J12]; [J13]; [J14]	9
B.15	Kurangnya koordinasi terkait pelaksanaan pekerjaan di lapangan	[J1]; [J2]; [J6]; [J7]; [J11]	5
B.16	Pemilihan subkontraktor yang tidak berkompeten	[J1]; [J2]; [J6]; [J7]; [J12]	5
B.17	Tenaga kerja internal dari manajemen kontraktor kurang berkompeten	[J2]; [J3]; [J6]; [J9]; [J10]; [J12]; [J14]	7
B.18	Kurang tepatnya pemilihan metode konstruksi	[J1]; [J2]; [J5]; [J11]; [J14]	5
B.19	Kesalahan pekerjaan	[J1]; [J2]; [J5]; [J7]; [J8]; [J12]; [J13]; [J14]	8

Pada **Tabel 3** dapat dilihat bahwa faktor yang berkontribusi besar sebagai penyebab terjadinya limbah konstruksi menurut perspektif kontraktor adalah:

1. Faktor eksternal: perubahan desain oleh pemilik saat pelaksanaan konstruksi sudah dimulai (A1), dan
2. Faktor internal: pekerja yang tidak kompeten (B11) dan kurangnya pengawasan pekerjaan di lapangan (B14).

Faktor eksternal kontraktor yaitu perubahan desain oleh pemilik saat pelaksanaan konstruksi sudah dimulai merupakan faktor paling banyak muncul dari hasil meta analisis. Hasil ini didukung oleh penelitian [5] yang juga memperoleh hasil bahwa peringkat tertinggi penyebab timbulnya limbah konstruksi adalah perubahan desain. Perubahan desain sering mengakibatkan timbulnya pekerjaan pembongkaran, material berlebih, penurunan kualitas pekerjaan, dan pergantian personil konstruksi. Terjadinya perubahan desain umumnya disebabkan oleh beberapa hal seperti pemakaian spesifikasi material yang tidak memadai, informasi desain yang tidak lengkap dan kurangnya pengalaman konsultan perencana dalam metode dan urutan konstruksi. Variabel-variabel ini juga termasuk sebagai penyebab terjadinya limbah konstruksi seperti pada **Tabel 3**. Limbah konstruksi yang timbul akibat perubahan desain dapat berupa limbah fisik dan limbah non fisik. Limbah fisik yang dihasilkan adalah puing hasil pembongkaran. Sedangkan limbah non fisik yang dihasilkan seperti penambahan waktu karena pekerjaan ulang dan biaya karena pemborosan material, penggunaan material baru dan penambahan upah tenaga kerja untuk melakukan pekerjaan ulang. Perubahan desain oleh pemilik juga merupakan risiko paling dominan terjadinya limbah konstruksi [7]. Penelitian ini mendapati bahwa pada seluruh proyek yang diteliti selalu terjadi perubahan desain yang menghasilkan limbah fisik maupun non fisik.

Perubahan desain oleh pemilik menyebabkan terjadinya perubahan terhadap kontrak yang ditetapkan. Dalam konteks

ini, perubahan desain merupakan penyebab terjadinya limbah yang berasal dari faktor eksternal sehingga kontraktor tidak memiliki kendali atas limbah yang dihasilkan. Kontraktor umumnya mengajukan perubahan kontrak atau *contract change order* (CCO). *Contract change order* (CCO) merupakan perubahan ketentuan atau kondisi dalam dokumen kontrak yang telah disepakati di awal antara pemilik dan kontraktor. Perubahan ketentuan atau kondisi ini dapat berupa penambahan dan pengurangan lingkup atau volume pekerjaan serta perubahan terhadap spesifikasi yang dibuat secara tertulis sebelumnya. CCO dapat mengakibatkan biaya, jadwal pelaksanaan serta jadwal pembayaran berubah sehingga kontraktor bisa mengajukan penyesuaian biaya dan waktu sesuai CCO yang ditetapkan [34].

Pada faktor internal, dua variabel yang berkontribusi besar sebagai penyebab terjadinya limbah konstruksi adalah pekerja yang tidak berkompeten dan kurangnya pengawasan pekerjaan di lapangan. Faktor ini dipaparkan dalam sembilan sumber pada **Tabel 3**. Kurangnya pengalaman tenaga kerja pada pekerjaan tertentu dapat mengakibatkan kesalahan pekerjaan sehingga menimbulkan limbah material [12]. Pekerja yang tidak kompeten karena kurangnya pengalaman menyebabkan adanya limbah fisik berupa material terbuang. [12] mendapati bahwa kompetensi berbanding lurus dengan terjadinya limbah. Hal ini diperkuat oleh [33] yang mendapati bahwa kompetensi pekerja yang rendah menyebabkan banyaknya pekerjaan perbaikan dan pembongkaran. Kontraktor perlu mengantisipasi variabel penyebab limbah ini dengan meningkatkan kompetensi melalui pelatihan sehingga terjadi peningkatan produktifitas.

Variabel kurangnya pengawasan pekerjaan di lapangan merupakan faktor internal lainnya yang berkontribusi besar pada terjadinya limbah. [8] mendapati bahwa pengawasan yang buruk menjadi penyebab terbesar timbulnya limbah konstruksi. Dalam konteks pengawasan, besarnya limbah

yang dihasilkan berbanding terbalik dengan ukuran perusahaan kontraktor. Perusahaan kontraktor yang lebih kecil melakukan lebih banyak pemborosan dibandingkan dengan perusahaan menengah dan besar. Kontraktor yang lebih kecil cenderung berkompromi dalam pengawasan sementara perusahaan kontraktor yang lebih besar cenderung memastikan praktik baik dan efisiensi pekerjaan. Penelitian [5] mendukung hasil ini karena diperoleh hasil bahwa kurangnya pengawasan dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan dapat menyebabkan terjadinya kesalahan pekerjaan. Penting bagi kontraktor untuk menjalankan QA/QC (pengendalian dan penjaminan mutu) sehingga spesifikasi mutu pekerjaan dapat tercapai dan tidak ada pekerjaan ulang.

Faktor internal penyebab terjadinya limbah fisik pada akhirnya menyebabkan timbulnya limbah non fisik. Penelitian [10] mendapati bahwa limbah material akibat kedua variabel tertinggi dalam faktor internal menyebabkan penambahan biaya proyek sebesar 40-60%. Pekerjaan ulang juga menyebabkan kerugian bagi kontraktor karena dapat menambah biaya pekerjaan (pekerja dan material) akibat pekerjaan harus dikerjakan lebih dari satu kali [35]. Pada akhirnya, pekerjaan ulang mengakibatkan keterlambatan (*delay*) terhadap jadwal proyek. Salah satu penelitian berpendapat bahwa 70% proyek konstruksi mengalami penambahan durasi pekerjaan sebesar 10-30% dari durasi rencana [36]. Selain itu, pekerjaan ulang (*rework*) juga berdampak pada kenaikan biaya proyek sampai dengan 10% dari total biaya rencana [37].

Secara keseluruhan, keterkaitan antara limbah fisik dan limbah non fisik dalam perspektif kontraktor dapat dilihat pada **Gambar 1**. Limbah fisik pada dasarnya menyebabkan munculnya limbah non fisik yang tidak dapat dipisahkan dari keseluruhan proyek konstruksi. Kontraktor tidak hanya fokus pada usaha untuk mengurangi limbah, namun kontraktor juga perlu memberikan perhatian pada limbah non fisik akibat dari munculnya variabel yang terdapat pada faktor eksternal maupun internal limbah konstruksi. Pengelolaan limbah terkait material berperan sebagai salah satu cara untuk menjaga kinerja biaya proyek [38]. Pengelolaan material memiliki efek langsung pada biaya dan durasi proyek.

Dalam konteks kendali atas terjadinya limbah, maka faktor internal merupakan faktor yang dapat dikendalikan oleh kontraktor. Kendali tersebut adalah dengan pelatihan maupun pengembangan strategi pengelolaan limbah. Pekerja memiliki peran penting dalam mengurangi limbah konstruksi melalui kompetensi yang dimilikinya. Pelatihan berfungsi sebagai sarana yang efisien untuk memperluas pemahaman, menumbuhkan keahlian, dan sikap, serta meningkatkan

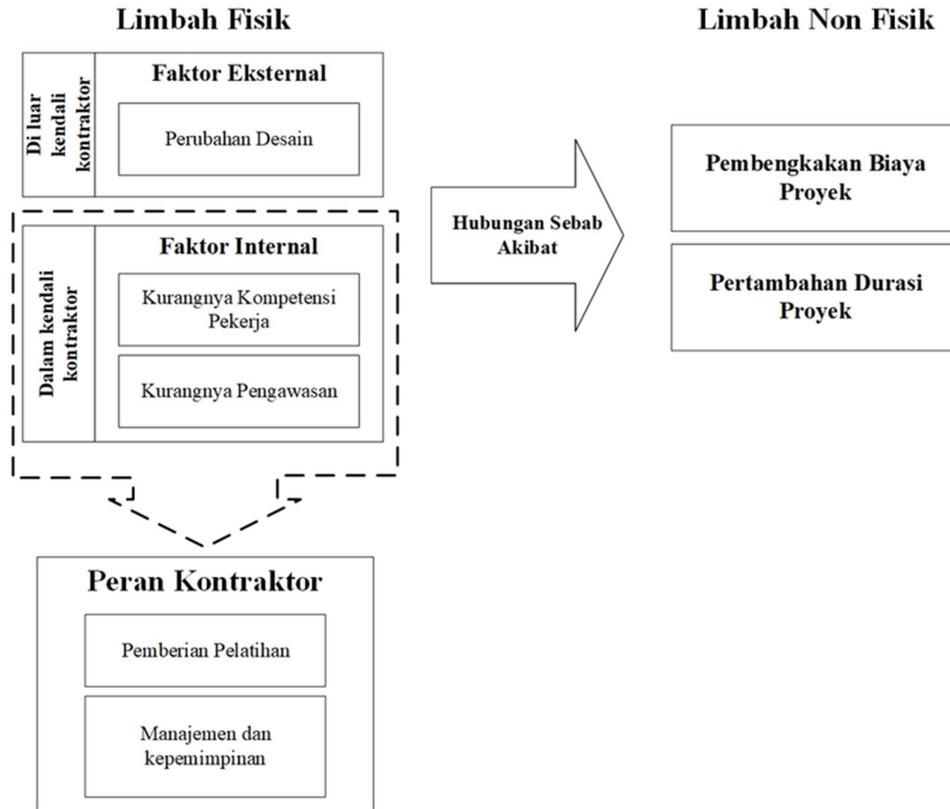
kinerja individu [13]. Pelatihan meningkatkan kompetensi yang pada akhirnya dapat berkontribusi pada upaya pengurangan limbah [15]. Adanya pengawasan menjadi upaya tambahan dalam pengelolaan limbah untuk mengurangi biaya keseluruhan proyek, yang tidak hanya membebani kontraktor tetapi juga klien. Pengawasan melalui manajemen dan kepemimpinan dalam pengelolaan limbah berdampak positif pada efisiensi biaya dan jadwal proyek. Hal ini didukung oleh penelitian Min [13] menyatakan bahwa kontraktor memiliki kendali atas limbah proyek konstruksi melalui pengelolaan lokasi yang efektif dan efisien (perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan pengendalian); pengawasan terhadap kegiatan pengelolaan limbah; koordinasi dan komunikasi yang efektif antar pemangku kepentingan proyek; dan tindakan untuk menerapkan *reduce, reuse, and recycle*.

4. Simpulan

Limbah konstruksi dapat disebabkan oleh dua faktor utama yaitu faktor eksternal dan internal. Faktor eksternal yang merupakan faktor di luar kendali kontraktor sebagai penyebab terjadinya limbah adalah terjadinya perubahan desain akibat permintaan pemilik saat proyek telah berjalan. Perubahan desain menyebabkan terjadinya limbah fisik berupa material terbuang karena adanya pengulangan pekerjaan (*rework*). Adanya limbah fisik yang diakibatkan perubahan desain oleh pemilik berdampak langsung pada limbah non fisik yaitu pembengkakan biaya dan perpanjangan durasi proyek.

Di sisi lain, faktor internal yang menjadi penyebab terjadinya limbah adalah pekerja yang tidak kompeten dan kurangnya pengawasan pekerjaan di lapangan. Faktor internal merupakan faktor yang berada dalam kendali kontraktor sehingga kedua variabel dalam faktor internal ini dapat diantisipasi oleh kontraktor melalui pelatihan pekerja dan pengembangan strategi pengelolaan limbah. Limbah fisik yang diakibatkan adanya pekerjaan ulang dan pembongkaran juga berdampak langsung pada limbah non fisik yaitu pembengkakan biaya dan perpanjangan durasi proyek yang tidak memberikan nilai tambah pada proyek.

Faktor internal penyebab limbah yang berada dalam kendali kontraktor dapat dikurangi akibatnya melalui pelatihan bagi pekerja dan pengembangan strategi pengolahan limbah. Pelatihan yang menumbuhkan kompetensi pekerja serta pengendalian dan penjaminan mutu melalui pengawasan terhadap kinerja proyek menjadi cara untuk menekan terjadinya limbah di proyek konstruksi.



Gambar 1. Kerangka penyebab dan akibat limbah konstruksi dan peran kontraktor dalam pengendalian limbah

Daftar Pustaka

- [1] S. Durdyev, M. Omarov, and S. Ismail. "Causes of delay in residential construction projects in Cambodia." *Cogent Engineering*, vol. 4, no. 1, p. 1291117, Feb. 2017.
- [2] M. H. Sitepu, A. R. Matondang, and M. Tryana. "Sustainability assessment in construction industry supply network: a review." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 725, no. 1, p. 012032, Jul. 2020.
- [3] F. Wang, M. Yao, X. Huang, H. Guo, P. Zheng, and H. Yu. "The Effects of Investment in Major Construction Projects on Regional Economic Growth Quality: A Difference-In-Differences Analysis Based on PPP Policy." *Sustainability*, vol. 14, no. 11, p. 6796, Jun. 2022.
- [4] C. Luangcharoenrat, S. Intrachooto, V. Peansupap, and W. Sutthinarakorn. "Factors influencing construction waste generation in building construction: Thailand's perspective." *Sustainability*, vol. 11, no. 13, p. 3638, Jul. 2019.
- [5] L. Muhwezi, L. M. Chamuriho, and N. M. Lema. "An investigation into materials wastes on building construction projects in Kampala-Uganda." *Scholarly Journal of Engineering Research*, vol. 1, no. 1, p. 11-18, Apr. 2012.
- [6] F. F. Remi, "Kajian faktor penyebab cost overrun pada proyek konstruksi gedung." *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, vol. 6, no. 2, p. 94-101, 2017.
- [7] B. F. Putra, and I. P. A. Wiguna. "Analisis faktor penyebab waste pada proyek konstruksi gedung di kota Surabaya dengan metode expected monetary value." *Journal of Civil Engineering*, vol. 34, no. 1, p. 41-46, May 2019.
- [8] H. Arshad, M. Qasim, J. Thaheem, and H. F. Gabriel. "Quantification of material wastage in construction industry of Pakistan: An analytical relationship between building types and waste generation." *Journal of Construction in Developing Countries*, vol. 22, no. 2, p. 19-34, 2017.
- [9] S. Nagapan, I. A. Rahman, and A. Asmi. "Factors contributing to physical and non-physical waste generation in construction industry." *International Journal of Advances in Applied Sciences*, vol. 1, no. 1, p. 1-10, 2012.
- [10] S. Fajar, V. H. Puspasari, and R. Waluyo. "Evaluasi dan Analisa Sisa Material Konstruksi." *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikaan*, vol. 2, no. 2, Apr. 2019.
- [11] S. Tafesse, Y. E. Girma, and E. Dessalegn. "Analysis

- of the socio-economic and environmental impacts of construction waste and management practices." *Heliyon*, vol. 8, no. 3, Mar. 2022.
- [12] G. Karunasena, G. Fernando, D. Ashokkumar, and C. Liu. "Influence of Labour Experience in the Generation of Construction Material Waste in the Sri Lankan Construction Industry." *Sustainability*, vol. 15, no. 6, p. 5406, Mar. 2023.
- [13] V. Min, K. Panuwatwanich, and K. Matsumoto. "Contractor's controlling factors contributing to effective construction waste management in building construction." *The Thirteenth International Conference on Construction in the 21st Century*, p. 1-12, May, 2023.
- [14] N. R. Ishak, S. A. Mahayuddin, and H. Ahmad, "Best practices of construction waste minimisation and the challenges of implementing sustainable practices of construction waste management." *Malaysian Construction Research Journal*, vol. 19, no. 2, p.100-115, 2023.
- [15] H. Fitriani, S. Ajayi, and S. Kim. "Analysis of the underlying causes of waste generation in Indonesia's Construction Industry." *Sustainability*, vol. 15, no. 1, p. 409, Dec. 2022.
- [16] S. D. Olanrewaju, and O. E. Ogunmakinde. "Waste minimisation strategies at the design phase: Architects' response." *Waste Management*, vol. 118, p. 323-330, 2020.
- [17] M. Osmani, M. "Construction waste minimization in the UK: current pressures for change and approaches." *Procedia-Social and behavioral sciences*, vol. 40, p. 37-40, 2012.
- [18] Y. Xiao, and M. Watson. "Guidance on conducting a systematic literature review." *Journal of planning education and research*, vol. 39, no. 1, p. 93-112, Mar. 2019.
- [19] E. Hassler, J. C. Carver, D. Hale, and A. Al-Zubidy. "Identification of SLR tool needs—results of a community workshop." *Information and Software Technology*, vol. 70, p. 122-129, Feb. 2016.
- [20] H. Scells, G. Zuccon, B. Koopman, and J. Clark. "Automatic boolean query formulation for systematic review literature search." in *Proceedings of the web conference 2020*, p. 1071-1081, Apr. 2020
- [21] A. Al-Ajlan. "The comparison between forward and backward chaining." *International Journal of Machine Learning and Computing*, vol. 5, no. 2, p. 106-113, Apr. 2015.
- [22] E. U. Ahn, and H. Kang. "Introduction to systematic review and meta-analysis." *Korean journal of anesthesiology*, vol. 71, no. 2, p. 103-112, Apr. 2018.
- [23] T. D. Pigott, and J. R. Polanin. "Methodological guidance paper: High-quality meta-analysis in a systematic review." *Review of Educational Research*, vol. 90, no. 1, p. 24-46, Feb. 2020.
- [24] A. Y. Kertarajasa. "Meta Analisis: Kualitas audit berdasarkan persepsi auditor eksternal Indonesia Periode 2007-2022." *Jurnal Ekonomi dan Ekonomi Syariah*, vol. 6, no. 1, p. 1074-1087, Jan. 2023.
- [25] S. M. Croucher, and D. Cronn-Mills. "Descriptive statistics." in *Understanding Communication Research Methods*. Routledge, p. 201-219, 2021.
- [26] O. C. Popoola, J. S. Adeleke, and S. T. Ayegbokiki. "An Investigation into Material Wastage on Building Construction Sites." *International Journal of Science, Engineering & Environmental Technology*, vol. 3, no. 3, p. 18-26, 2018.
- [27] S. Senaratne, and D. Wijesiri. "Lean Construction as a Strategic Option: Testing its Suitability and Acceptability in Sri Lanka." *Lean Construction Journal*, p. 34-48, 2008.
- [28] A. M. Rajesh. "A Study On Factor Influencing Construction Waste (Debris)." *International Innovative Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 2, no. 4, 2017.
- [29] T. Khaleel, and A. Al-Zubaidy. "Major factors contributing to the construction waste generation in building projects of Iraq." *MATEC web of conferences*, vol. 162, p. 02034, May 2018.
- [30] S. O. Tongo, A. A. Oluwatayo, and B. A. Adeboye. "Factors influencing waste generation in buildings project in South-West, Nigeria." *International Journal of Waste Resources*.vol. 9, no. 371, p. 1-4, Jan. 2020.
- [31] J. A. R. Al-Rifai, and O. Amoudi. "Understanding the key factors of construction waste in Jordan." *Jordan Journal of Civil Engineering*, vol. 10, no. 2, 2016.
- [32] J. Felixius, and M. Waty. "Analisis Sisa Material Dan Penyebab Utamanya Pada Proyek Bangunan Rumah Tinggal." *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 343-352, Feb. 2021.
- [33] S. Ap, and F. Firdaus. "Waste Konstruksi: Identifikasi Potensi dan Penyebabnya Pada Proyek Perumahan di Pekanbaru." *Jurnal Saintis*, vol. 19, no. 2, p. 79-88, Nov. 2019.
- [34] I. A. R. Widhiawati, A. A. Wiranata, and I. P. Y. Wirawan. "Faktor-faktor penyebab change order pada proyek konstruksi gedung." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 20, no. 1, p. 1-7, Mar. 2016.
- [35] G. P. Usboko, and S. B. Henong. "Analisis Faktor-Faktor Penyebab Pekerjaan Ulang (Rework) Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Di Kota Kupang." *Jurnal Teknik Sipil Cendekia*, vol. 3, no. 1, p. 267-277, Feb. 2022.
- [36] S. Sesmiwati, V. Ariani, and F. Roza. "Review penyebab keterlambatan pada proyek konstruksi." *Seminar Nasional Strategi Pengembangan Infrastruktur ke-3*, p. 15-22, Jul. 2017.
- [37] B. P. Anugerah. "Cost Overrun Akibat Desain, Estimasi, dan Rework Setelah Implementasi Konstruksi Digital Pada Kinerja Biaya Konstruksi Gedung Indonesia." *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 20, no. 2, p. 181-192, Dec. 2022.
- [38] S. Saeidlou, and N. Ghadiminia. "A construction cost

estimation framework using DNN and validation unit." *Building Research & Information*, p. 1-11, Apr.

2023.