

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Referensi Penelitian

Prinsip *Lean Construction* untuk mengurangi atau meminimalkan limbah konstruksi sangat penting dipahami seperti pada Bajjou (2018) dijelaskan 9 prinsip utama *LC* terdiri dari fokus pelanggan, pasokan, perbaikan berkelanjutan, penghapusan pemborosan, keterlibatan manusia, perencanaan dan penjadwalan, kualitas, serta standarisasi dan transparansi. Dalam Marhani dkk (2021), dijelaskan dalam penelitian di Malaysia bahwa proses persetujuan yang lama menjadi penyebab sebagian besar limbah konstruksi yang diproses secara berlebihan, 5 alat *LC* yang paling banyak diterapkan oleh para praktisi untuk mengurangi pemrosesan limbah yang berlebihan terdiri dari kontrak manajemen, bentuk standar, manajemen kualitas keseluruhan, serta rekayasa dan kerjasama tim secara bersamaan. Penerapan *LC* pada penanganan *waste material* berpengaruh terhadap kinerja proyek konstruksi, semakin tinggi pengendalian *waste material* maka kinerja biaya proyek akan semakin meningkat (Saputra, 2023).

Lean Construction merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam penanganan serta minimalisasi *waste material*, Allo dan Bhaskara (2022) dalam penelitiannya menggunakan metode Teorema Bayes dapat mengetahui indikator *waste material* yang paling dominan dan Diagram Pareto dapat mengetahui jenis material paling dominan yang menimbulkan *waste*. Hasil penelitian menunjukan indikator paling dominan yang menimbulkan *waste*

material adalah *defect* (cacat) dan *waiting* (menunggu) dengan nilai keyakinan masing-masing 100%. Jenis material paling dominan yang menimbulkan *waste* material adalah tulangan ulir Ø22, tulangan ulir Ø19 dan tulangan ulir Ø16. Persentase penerapan *LC* yang diperoleh adalah sebesar 98,94%.

Wijaya dan Widiyanti (2024) dalam penelitiannya menggunakan konsep *Lean Six Sigma* dengan fase DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*) dapat meminimalisir keterlambatan yang terjadi pada Proyek Pembangunan Gedung MRT HUB Simpang Temu Dukuh Atas. Keterlambatan proyek disebabkan oleh beberapa faktor seperti *overpurchase*, *delay*, dan *inventories*. *Lean Six Sigma* membantu dalam menemukan solusi untuk meminimalisir keterlambatan diantaranya yaitu tidak membeli barang secara berlebihan agar tidak menyebabkan *delay*.

Perencanaan *waste* merupakan bagian penting dalam perhitungan estimasi proyek. Estimasi *waste* pada penawaran tender yang umumnya menggunakan 5% - 10% seringkali tidak sesuai dengan kenyataan di lapangan (Susanto, dkk, 2018). *Waste* atau pemborosan tidak bisa sepenuhnya dihentikan namun dapat dikendalikan. Pemborosan yang diperbolehkan untuk bahan konstruksi utama diperkirakan berdasarkan pengalaman praktis seperti pada Tabel 1 (Bala).

Tabel 1. Batas Pemborosan Bahan Konstruksi yang Diiijinkan

Bahan	Waste yang Diiijinkan	Faktor Waste
Semen	2% - 3,5%	Kehalusan semen dapat terbang diudara saat semen dicampur dengan bahan lainnya
Pasir	8% - 12%	Pasir diayak untuk pekerjaan plesteran dan pekerjaan finishing lainnya. Jadi sebagian pasir yang lebih kasar akan diabaikan saat pengayakan dan beberapa partikel akan terlepas selama pengangkutan
Agregat Kasar	5% - 8%	Selama pengangkutan, potongan agregat kasar dapat terlepas
Baja Tulangan	3,5% - 5%	Pemborosan terjadi saat pemotongan dan pembengkokan untuk perkuatan, apabila panjang baja kurang dari 1m, maka akan dianggap terbang
Baja Struktural	10% - 15%	Pemborosan terjadi ketika pemotongan dan pembengkokan pelat atau bagian baja pada fabrikasi
Batu bata	2% - 3%	Kemungkinan pecah saat pengangkutan dan sengaja dibagi dua bagian untuk kemudahan pengerjaan
Beton	1% - 5%	Pemborosan terjadi ketika penuangan pada area tertutup, namun dapat dikendalikan dengan metode kerja yang baik

Limbah (*waste*) dari setiap proyek memiliki persentase yang berbeda, hal ini dikarenakan sifat proyek yang unik. Hal ini khususnya terjadi pada bangunan beton dan baja yang keduanya memiliki sifat dan karakteristik pekerjaan yang sangat berbeda. Beton yang merupakan material berbetuk curah tidak memiliki batasan kemasan dan dapat dikerjakan di lapangan, sedangkan baja merupakan material yang terbatas dengan ukuran dan dimensi profil yang tersedia. Penelitian ini dilakukan di perusahaan kontraktor spesialis baja ringan yang memiliki panjang profil baja ringan terbatas pada panjang 5,6 m untuk 1 batang profilnya dan kuda-kuda rangka atap diproduksi di pabrik (pre-fabrikasi) kemudian diangkut dibawa ke lokasi proyek untuk dirangkai menjadi satu kesatuan rangka atap.

Dalam Susanto, dkk (2018), penelitian berfokus pada 4 jenis bangunan baja antara lain gudang, bandara, tower dan jembatan dengan masing-masing menggambarkan jenis profil wf, pipa, siku, dan plat. Metode penelitian yaitu dengan menghitung persentase *waste* dengan cara menghitung selisih berat bruto dengan berat netto yang kemudian dibagi berat bruto. Berat bruto diperoleh dari perhitungan kebutuhan material berdasarkan gambar struktur, sedangkan berat netto diperoleh dari hasil pemodelan 3D. Faktor penyebab *waste* adalah jenis profil dan dimensi bangunan yang meliputi tinggi bangunan, panjang bangunan dan bentang bangunan. Perbedaan dengan penelitian ini adalah profil yang digunakan adalah baja ringan yang difungsikan untuk rangka atap. Merujuk SNI 8399-2017 profil baja ringan yang dapat digunakan untuk struktur rangka atap adalah C75, Z95 dan TH35 (reng). Analisis dilakukan dalam 2 bentuk atap yaitu limas dan pelana dengan masing-masing desain memiliki variasi bentang.

Perhitungan *waste material* menggunakan metode yang sama dengan Susanto (2018). Pemodelan pada penelitian ini menggunakan pemodelan desain 2D yang dibantu dengan *Software Autocad*. Volume penggunaan material dianalisis dengan *Software Quik Series* oleh perusahaan.

Waste atau limbah material pasti ada atau terjadi dalam setiap proyek, namun pada kenyataannya limbah dapat diminimalkan. Dalam penelitian Melhem, dkk (2021), dinyatakan optimasi limbah sangat penting untuk mengurangi *trim loss* pada proses pemotongan baja. Secara empiris proses pengelolaan pemotongan dengan model optimasi yang mempertimbangkan 3 variabel lapangan: menggabungkan permintaan berurutan, beberapa panjang stok, dan sisa stok yang dapat digunakan. Meminimalkan limbah pemotongan menjadi kriteria utama dalam perencanaan produksi di tingkat proyek daripada meminimalkan limbah pemotongan untuk kegiatan mandiri. Pemborosan pemotongan pada penelitian Melhem, dkk (2021) berkurang lebih dari 70%. Dalam penelitian ini *waste* atau limbah yang terjadi akan diminimalkan sampai kondisi minimal.

2.2 Perbedaan Penelitian

Bedasarkan referensi penelitian yang diuraikan sebelumnya memiliki perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbedaan Penelitian

Nama	Hasil	Perbedaan dengan penelitian sekarang
Marhani, dkk (2021)	Pemrosesan berlebihan merupakan pekerjaan ekstra yang dilakukan selama proses konstruksi yang memungkinkan kegagalan proyek. Penelitian berupaya untuk mengidentifikasi limbah konstruksi yang paling banyak diproses secara berlebihan dan alat <i>LC</i> yang paling banyak digunakan untuk mengurangi limbah konstruksi. Penelitian menggunakan pendekatan metode kuantitatif, dan survei kuesioner telah dikirimkan kepada 310 kontraktor G7 yang terdaftar di <i>Construction Industry Development Board Malaysia (CIDB)</i> di Malaysia. Sebanyak 116 kuesioner dikembalikan, dengan tingkat respons 37,4%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses persetujuan yang lama menjadi penyebab sebagian besar limbah konstruksi yang diproses secara berlebihan di lokasi. Oleh karena itu, kontrak manajemen, formulir standar, manajemen kualitas total, rekayasa bersamaan, dan kerja tim adalah lima alat <i>LC</i> yang paling banyak diterapkan oleh para praktisi <i>LC</i> dalam mengurangi pemrosesan limbah yang berlebihan.	Konsep <i>LC</i> yang akan digunakan adalah <i>minimum waste maksimum value</i> yang berfokus pada limbah fisik / limbah material. Pekerjaan konstruksi <i>pre-fabrikasi</i> yang dilakukan kontraktor spesialis baja ringan di Yogyakarta Indonesia.

Lanjutan Tabel 3 Perbedaan Penelitian

Nama	Hasil	Perbedaan dengan penelitian sekarang
Allo dan Bhaskara (2022)	Penelitian menggunakan Metode Teorema Bayes dapat mengetahui indikator <i>waste</i> material yang paling dominan dan Diagram Pareto dapat mengetahui jenis material paling dominan yang menimbulkan <i>waste</i>. Hasil penelitian menunjukan indikator paling dominan yang menimbulkan <i>waste</i> material adalah <i>defect</i> (cacat) dan <i>waiting</i> (menunggu) dengan nilai keyakinan masing-masing 100%. Jenis material paling dominan yang menimbulkan <i>waste</i> material adalah tulangan ulir Ø22, tulangan ulir Ø19 dan tulangan ulir Ø16. Persentase penerapan <i>LC</i> yang diperoleh adalah sebesar 98,94%.	Metode perhitungan limbah menggunakan perhitungan selisih antara volume desain dengan volume terpasang dibagi dengan volume terpasang pada struktur rangka atap baja ringan profil Z95, C75 dan TH35. Konsep <i>LC</i> yang akan digunakan adalah <i>minimum waste maksimum value</i> yang berfokus pada limbah fisik / limbah material.
Susanto, dkk (2018)	Penelitian berfokus pada 4 jenis bangunan baja antara lain gudang, bandara, tower dan jembatan dengan masing-masing menggambarkan jenis profil wf, pipa, siku, dan plat. Metode penelitian menghitung persentase <i>waste</i> dengan cara menghitung selisih berat bruto dengan berat netto yang kemudian dibagi berat bruto. Berat bruto diperoleh dari perhitungan kebutuhan	Profil yang digunakan adalah baja ringan untuk struktur rangka atap adalah C75, Z95 dan TH35. Analisis dilakukan dalam 2 bentuk atap yaitu limas dan pelana. Pemodelan menggunakan desain 2D

Lanjutan Tabel 4 Perbedaan Penelitian

Nama	Hasil	Perbedaan dengan penelitian sekarang
	material berdasarkan gambar struktur, sedangkan berat netto diperoleh dari hasil pemodelan 3D. Faktor penyebab waste adalah jenis profil dan dimensi bangunan yang meliputi tinggi bangunan, panjang bangunan dan bentang bangunan	yang dibantu dengan <i>Software Autocad</i> . Volume penggunaan material dianalisis dengan <i>Software Quik Series</i> oleh perusahaan.
Melhem, dkk (2021)	Studi ini secara empiris menunjukkan pengelolaan proses pemotongan dengan model optimasi yang mempertimbangkan 3 variabel lapangan: menggabungkan permintaan berurutan, beberapa panjang stok, dan sisa yang dapat digunakan. Penyesuaian variabel menghasilkan skenario pemotongan dan pemborosan yang berbeda, yang diperiksa dalam analisis sensitivitas studi kasus besar dengan 136 masalah optimasi. Meminimalkan limbah pemotongan menjadi kriteria utama dalam perencanaan produksi di tingkat proyek daripada meminimalkan limbah pemotongan untuk kegiatan mandiri. Kerangka sistematis menunjukkan kinerja yang berbeda dibandingkan metode konvensional. Pemborosan pemotongan berkurang lebih dari 70%.	Meminimalkan limbah menggunakan metode yang sama dengan pengaturan kombinasi pemotongan. Pemodelan mempertimbangkan 3 variabel lapangan: menggabungkan permintaan berurutan, beberapa panjang stok, dan sisa yang dapat digunakan. Namun material yang diteliti adalah baja ringan dan tidak menggabungkan permintaan berurutan dari beberapa proyek. Persentase limbah dihitung untuk masing-masing proyek.