

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian

Penelitian terkait *waste material* telah dilakukan oleh [7], Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi material yang berpotensi menjadi *waste*, menghitung *waste index* dan *waste cost* dari material sisa, serta menganalisis penyebab terjadinya *waste* menggunakan *fishbone diagram* untuk merumuskan strategi meminimalkan *waste* pada proyek berikutnya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui penanganan *waste* yang tepat untuk setiap jenis material sisa dengan metode *waste hierarchy*. Berdasarkan analisis *Pareto*, material yang berpotensi menjadi *waste* dengan *waste cost* terbesar adalah bata ringan sebesar Rp 41.587.835,21. Faktor utama penyebab terjadinya *waste* pada proyek Gedung Pendidikan Profesi Guru Universitas Negeri Surabaya berasal dari faktor man, measures, dan management yang kurang optimal. Strategi untuk meminimalkan *waste* meliputi pengawasan dan arahan kepada pekerja, peningkatan koordinasi antara tim lapangan, tim teknik, dan procurement, serta menjalin kerja sama dengan proyek lain untuk memanfaatkan material sisa.

[8] melakukan penelitian untuk mengidentifikasi jenis material yang paling berkontribusi terhadap *waste cost*, menganalisis faktor penyebab terjadinya sisa material, serta merumuskan strategi penanganan dan upaya meminimalkan

waste berdasarkan konsep *waste hierarchy*. Penelitian ini menggunakan Diagram Pareto untuk menentukan material dominan penyumbang *waste cost*, serta perhitungan *waste level*, *waste cost*, dan *waste index* sebagai indikator jumlah dan kerugian akibat sisa material. Selain itu, analisis penyebab *waste* dilakukan dengan *Fishbone Diagram*, dan strategi penanganan disusun berdasarkan tahapan *waste hierarchy*, yaitu *reduce*, *reuse*, *recycle*, dan *disposal*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material yang paling besar kontribusinya terhadap *waste cost* adalah keramik homogenus 60x60 cm dengan nilai kerugian sebesar Rp 64.331.839,44 dan *waste index* sebesar 0,571 m³/m². Faktor utama penyebab *waste* berasal dari faktor manusia, pengukuran, dan manajemen yang kurang optimal. Adapun strategi penanganan *waste* dilakukan melalui pengawasan lebih intensif, peningkatan akurasi pengukuran, pengoptimalan penggunaan material, serta pemanfaatan sisa material sesuai prinsip *waste hierarchy*.

[9] Melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengidentifikasi jenis material yang memberikan kontribusi terbesar terhadap *waste cost*, mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya sisa material (*waste*), serta merumuskan strategi penanganan untuk meminimalkan *waste material* berdasarkan konsep *waste hierarchy*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi, wawancara, dan dokumentasi. Analisis data dilakukan menggunakan *Diagram Pareto* untuk mengetahui material dominan penyumbang *waste cost*, perhitungan *waste level*, *waste cost*, dan *waste index* untuk mengetahui besaran sisa material dan kerugian biaya, serta *Fishbone Diagram* untuk mengidentifikasi faktor penyebab *waste*

material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material yang paling berkontribusi terhadap *waste cost* adalah beton *ready mix* sebesar 0,0479% dari nilai kontrak, besi beton Ø10 mm sebesar 0,0004%, dan besi beton Ø22 mm sebesar 0,0003%. Nilai *waste index* proyek sebesar 0,073 m³/m² menunjukkan bahwa setiap meter persegi area proyek menghasilkan *waste material* sebesar 0,073 m³. Faktor penyebab terjadinya *waste* meliputi faktor lingkungan, manusia, material, peralatan, dan manajemen. Strategi yang dapat diterapkan untuk meminimalkan *waste material* yaitu melakukan pengawasan dan pembimbingan kepada pekerja, membuat akses distribusi alat yang baik, penggunaan alat sesuai fungsinya, pemanfaatan sisa material, serta penerapan pola pemotongan besi dengan metode *bar bending schedule* atau program linear.

[10] Melanjutkan dengan melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi jenis material yang berpotensi besar menimbulkan *waste* pada proyek konstruksi, menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya *waste material*, serta merumuskan upaya penanganan untuk meminimalisir *waste material* selama proses pelaksanaan proyek konstruksi. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis *Pareto* untuk menentukan material dominan penyumbang *waste*, perhitungan *waste level*, *waste cost*, dan *waste index*, serta *Cause Effect Diagram* (CED) untuk mengidentifikasi faktor penyebab *waste*. Strategi pengendalian *waste material* disusun berdasarkan prinsip *waste hierarchy*, yaitu *reduce*, *reuse*, *recycle*, dan *disposal*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material dominan penyumbang *waste* adalah bekisting, pembesian, dan pembetonan (*site mix*). Faktor penyebab *waste material* berasal dari indikator desain, pengadaan, pelaksanaan, dan faktor

lainnya. Strategi pengendalian *waste* yang diterapkan terdiri dari 52 tindakan, meliputi *reduce waste* sebanyak 48 tindakan, *reuse waste* sebanyak 4 tindakan, serta tidak terdapat tindakan *recycle* dan *disposal waste*.

Keempat penelitian sebelumnya, seperti [7], [8], [9], [10] telah banyak membahas terkait menganalisis *waste material* konstruksi. Seluruh penelitian tersebut memiliki kesamaan dalam menggunakan data proyek sebagai dasar dalam menganalisis material yang berpotensi menjadi sisa material (*waste*). Teknik analisis yang digunakan juga relatif serupa, yaitu dengan memanfaatkan Diagram Pareto untuk mengidentifikasi jenis material yang memiliki kontribusi terbesar terhadap *waste*. Selain itu, perhitungan *waste material* pada keempat penelitian tersebut dilakukan dengan cara membandingkan antara volume pembelian material dan volume material yang terpasang di lapangan, dimana selisih dari perhitungan tersebut dianggap sebagai sisa material atau (*waste material*).

Namun demikian, belum terdapat penelitian sebelumnya yang secara khusus melakukan analisis dengan pendekatan pengamatan dan pengukuran langsung terhadap sisa material di lapangan hingga material tersebut dapat dikategorikan sebagai *waste material*.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki perbedaan dan keunggulan tersendiri, yaitu fokus pada proyek konstruksi yang sedang berjalan (*on going project*), dengan metode observasi langsung untuk mengidentifikasi dan mengukur sisa material di lapangan, khususnya sisa hasil pemotongan besi tulangan, besi sengkang, triplek bekisting, dan kayu bekisting. Melalui pendekatan ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memperkaya metode analisis

waste material di proyek konstruksi, serta mampu mengidentifikasi upaya-upaya yang dapat dilakukan dalam meminimalkan dan mengelola *waste material* secara efektif di lapangan.

2.2 Waste Construction

2.2.1 Pengertian Waste Material

Menurut [4] *Waste material* adalah pemborosan yang terjadi selama aktivitas konstruksi dan menjadi masalah karena tidak menambah nilai pada proyek. *Waste material* bisa berupa kerusakan, kehilangan, atau sisa dari sumber daya material. Menurut [11], material waste dalam proyek konstruksi merupakan material yang tidak digunakan sebagai hasil dari proses konstruksi, perbaikan, atau perubahan. Waste berupa material ini juga dapat didefinisikan sebagai barang sisa yang dihasilkan dari suatu proses atau ketidaksengajaan, yang tidak dapat langsung digunakan kembali tanpa melalui perlakuan tertentu. [12] menyebutkan bahwa material waste adalah sumber daya material yang jumlahnya berlebih atau telah digunakan, termasuk material yang masih memiliki potensi untuk digunakan kembali, didaur ulang, dikembalikan kepada pemasok, atau dipindahtangankan ke pihak lain yang dapat memanfaatkannya.

Menurut [13], *waste material* adalah bahan konstruksi sudah tidak dapat digunakan lagi dan harus di buang. *Waste material* dapat didefinisikan sebagai sisah bahan konstruksi dalam jumlah besar yang berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar. *Waste material* ini dapat berupa sisah beton, besi, kayu, aluminium,

instalasi listrik, dan bahan konstruksi lainnya. Menurut [14], *waste* konstruksi dihasilkan dari proses pembangunan, pembongkaran, dan renovasi bangunan.

Menurut [15], *waste* konstruksi dibagi dalam 2 jenis yaitu :

1. Sisa material langsung (*Direct Waste*).

adalah *waste* yang berasal dari material konstruksi yang cacat, rusak, hilang dan tidak dapat di gunakan lagi selama pelaksanaan proyek konstruksi. Beberapa penyebab *direct waste* pada proyek konstruks yaitu pekerjaan perbaikan, pengangkutan material, metode penyimpanan, dan konversi material.

2. Sisa material tidak langsung (*Indirect Waste*).

Inderect waste dihasilkan dari pemborosan yang terjadi akibat penggunaan sumber daya yang tidak sesuai dengan estimasi, desain, atau rencana. *Waste* ini seringkali tidak terlihat secara langsung, seperti kesalahan dalam pelaksanaan teknis di lapangan maupun kesalahan non-teknis. Beberapa kategorinya ialah *waste* yang dihasilkan akibat dari kesalahan atau kelalayan pekerja, *waste* yang disebabkan karena kerusakan bangunan yang membutuhkan tenaga lebih banyak, dan *waste* yang disebabkan oleh *overproduction* yang menyebabkan kontraktor rugi secara keuangan.

2.2.2 *Waste Material* Konstruksi Pekerjaan Struktural.

Waste material konstruksi merupakan sisa bahan material yang terdapat pada lokasi proyek konstruksi, dimana material tersebut tidak lagi dapat dimanfaatkan atau digunakan kembali sesuai dengan tujuan konstruksi, sehingga

material tersebut harus dibuang karena alasan tertentu. Menurut [13], pemborosan penggunaan material konstruksi dapat diartikan sebagai bahan atau material yang kemungkinan besar tidak dapat digunakan kembali, yang berasal dari proses kegiatan konstruksi dalam jumlah besar dan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar. Bahan-bahan tersebut dapat berupa batu, beton, batu bata, atap, instalasi listrik, dan material lainnya. Selanjutnya, [16] menjelaskan bahwa *waste material* pada pekerjaan konstruksi dapat diklasifikasikan ke dalam tiga bagian, yaitu:

1. Pembesian.

Pekerjaan pembesian merupakan salah satu bagian dari pekerjaan struktur pada proyek konstruksi. Pekerjaan ini memiliki peranan yang sangat penting dalam aspek kualitas pelaksanaan, mengingat fungsi utama dari besi tulangan adalah sebagai elemen penunjang kekuatan dan kestabilan struktur bangunan. Namun, dalam proses pelaksanaannya, seringkali terjadi kesalahan oleh tenaga kerja, seperti kesalahan dalam perhitungan kebutuhan jumlah besi maupun kesalahan dalam proses pemotongan besi. Kondisi tersebut dapat menimbulkan terjadinya *waste material* konstruksi, yang pada akhirnya dapat merugikan proyek baik dari segi biaya, waktu, maupun efisiensi penggunaan material.

2. Bekisting.

Bekisting merupakan cetakan sementara yang digunakan untuk menahan dan membentuk beton selama proses pengecoran, hingga beton tersebut mencapai kekuatan awal dan dapat berdiri secara mandiri membentuk suatu elemen

struktur sesuai dengan desain perencanaan. Bekisting pada umumnya dibuat menggunakan material kayu dan multipleks, yang disesuaikan dengan bentuk dan ukuran elemen struktur yang akan dibangun. Secara ideal, bekisting dapat digunakan berulang kali selama kondisi materialnya masih layak pakai. Namun, dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan, seringkali terjadi kesalahan seperti kesalahan dalam proses pemasangan, pelepasan, atau perawatan bekisting, yang menyebabkan material bekisting mengalami kerusakan dan tidak dapat digunakan kembali. Kondisi tersebut mengakibatkan timbulnya *waste material* pada pekerjaan bekisting.

3. Beton.

Pekerjaan beton atau pengecoran merupakan proses penuangan beton segar ke dalam cetakan (bekisting) pada elemen struktur yang sebelumnya telah dipasang besi tulangan sesuai dengan perencanaan. Dalam pelaksanaan pekerjaan ini, diperlukan ketelitian dan kehati-hatian, baik dalam proses persiapan, perhitungan kebutuhan volume beton, maupun dalam proses pemesanan beton. Ketidakhati-hatian dalam pelaksanaan pekerjaan atau kesalahan dalam perhitungan dan pemesanan volume beton dapat menyebabkan sisa beton tidak terpakai (*waste material*), yang pada akhirnya menimbulkan pemborosan material dan kerugian bagi proyek.

Menurut [17], dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi, timbulnya sisa material konstruksi merupakan hal yang tidak dapat dihindari. Lebih dari 75% limbah yang dihasilkan oleh industri konstruksi merupakan sisa material yang

masih memiliki nilai residu dan berpotensi untuk didaur ulang, diselamatkan, dan/atau digunakan kembali. Oleh karena itu, dibutuhkan mekanisme pengelolaan, teknologi, sistem penilaian, dan strategi pengelolaan sisa material yang komprehensif dan terpadu. Sementara itu, menurut [18], perencanaan pengelolaan material dan sisa material yang baik dapat meningkatkan efisiensi logistik konstruksi hingga sekitar 9%, serta berkontribusi dalam mengurangi dampak terhadap lingkungan.

2.2.3 Hirarki Pengendalian Waste.

Secara umum pengendalian waste konstruksi terdiri dari *disposal*, *recycle*, *reuse* dan *reduce* [19]. Adapun penjelasan mengenai tingkatan pengendalian waste dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Hirarki Pengendalian Waste
(Sumber: [19])

Berdasarkan Gambar 3.2, [19] menjelaskan bahwa setiap tingkatan dalam hirarki pengendalian waste memiliki makna dan penerapan yang berbeda dalam upaya pengelolaan limbah material konstruksi. Adapun penjelasan dari masing-masing tingkatan tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Reduce* (Mengurangi).

Merupakan upaya pertama dan paling diutamakan dalam pengendalian *waste*, yaitu dengan mengurangi timbulan limbah sejak awal perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan konstruksi, seperti melalui perencanaan kebutuhan material yang akurat, penggunaan metode kerja yang efisien, dan pengawasan penggunaan material di lapangan.

2. *Reuse* (Menggunakan Kembali).

Merupakan tindakan pemanfaatan kembali material sisa atau bekas dari pekerjaan sebelumnya yang masih layak digunakan tanpa melalui proses pengolahan, misalnya penggunaan bekisting kayu atau perancah yang masih dalam kondisi baik untuk pekerjaan selanjutnya.

3. *Recycle* (Daur Ulang).

Merupakan upaya pengolahan kembali limbah material menjadi bahan baru atau produk lain yang masih dapat dimanfaatkan, seperti limbah beton yang diolah menjadi agregat kasar atau halus.

4. *Disposal* (Pembuangan Akhir).

Merupakan langkah terakhir dalam pengendalian *waste*, yaitu dengan membuang limbah material ke tempat pembuangan akhir apabila sudah tidak memungkinkan untuk dilakukan *reduce*, *reuse*, ataupun *recycle*