

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Proyek Konstruksi

Industri konstruksi merupakan salah satu jenis industri yang sangat dinamis hal ini didasari oleh semakin tingginya permintaan pasar pada saat ini baik itu pada negara berkembang maupun negara maju. Selain itu kemajuan industri konstruksi terkadang menjadi tolak ukur sebagai peningkatan atau kekuatan ekonomi suatu negara. Sehingga dapat menarik *investor* untuk berinvestasi pada negara tersebut.

Indonesia sendiri industri konstruksi sangat menjanjikan dikarenakan negara indonesia merupakan salah satu dari negara dengan penduduk terpadat di dunia sudah tentu hal ini berbanding lurus dengan kebutuhan masyarakat indonesia. Industri konstruksi di indonesia sering disebut sebagai proyek konstruksi atau pekerjaan konstruksi. Dalam undang-undang republik indonesia nomer 18 tahun 1999 tentang jasa konstruksi menyatakan bahwa pekerjaan konstruksi adalah seluruh atau sebagian rangkaian kegiatan perencanaan atau pelaksanaan beserta pengawasan yang mencakup pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrikal, dan tata lingkungan masing-masing beserta kelengkapannya untuk mewujudkan suatu bangunan atau bentuk fisik lain.

Secara umum proyek konstruksi merupakan serangkaian kegiatan untuk menghasilkan bangunan struktur maupun infrastruktur yang memiliki jangka waktu yang singkat berdasarkan kesepakatan berbagai pihak yang terlibat serta berlandaskan peraturan-peraturan yang berlaku.

2.2 Material Konstruksi

Material adalah suatu bahan yang digunakan dalam sebuah proses produksi untuk menghasilkan barang setengah jadi maupun barang jadi. Maka material dalam bidang konstruksi adalah suatu bahan yang dibutuhkan dalam proses pelaksanaan pekerjaan.

Dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi material menjadi salah satu hal yang sangat penting dimulai dari perencanaan, pengadaan, pengangkutan, penerimaan, penyimpanan serta pada tahap proses pengerjaan.

Menurut (Nugraha, 1985) Material merupakan suatu komponen yang penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek, lebih dari separuh biaya proyek diserap oleh material yang digunakan.

Material yang digunakan dalam pelaksanaan sebuah proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi 2 golongan. (Gavilan dan Bemold. 1994) yaitu ;

1. *Consumable material* adalah material yang menjadi komponen utama dalam sebuah bangunan atau dapat juga dikatakan sebagai struktur fisik bangunan tersebut. Antara lain sebagai berikut
 - a. Semen
 - b. Besi Tulangan
 - c. Pasir
 - d. Kerikil
 - e. Beton

2. *Non- consumable material* adalah material yang berfungsi sebagai penunjang dalam proses pekerjaan konstruksi biasanya material ini bersifat sementara antara lain sebagai berikut :

- a. Bekisting,
- b. Perancah
- c. Penahan Dinding

2.3 Manajemen Material

2.3.1 Definisi Manajemen Material

Salah satu langkah untuk mencegah terjadinya kerugian akibat dari kesalahan penanganan material dalam proses pelaksanaan pekerjaan

konstruksi maka dapat dilakukan dengan menerapkan manajemen material.

Menurut (A. A. Gulghane, 2015) manajemen material sebagai salah satu elemen penting dalam manajemen proyek. Manajemen material juga kunci dalam keberhasilan dalam proses proyek konstruksi.

Manajemen material diartikan sebagai suatu sistem untuk merencanakan, mengorganisasikan, dan mengontrol sebuah material dimulai dari tahap pembelian, pengiriman, penerimaan , dan sampai pada tahap pemakaian.

Manajemen material merupakan sebagai suatu proses untuk perencanaan, pelaksanaan, dan mengendalikan seluruh kegiatan kantor maupun lapangan dalam bidang konstruksi (V. Patel Khyomesh *et al*, 2011).

Menurut (Madhavi *et al*, 2013) manajemen material didefinisikan sebagai sistem manajemen yang diperlukan dalam perencanaan dan

pengendalian kualitas & kuantitas material, tepat waktu dalam penempatan peralatan, harga yang baik dan kuantitas sesuai dengan kebutuhan.

Menurut (Patil dan Pataskar, 2013) menyatakan manajemen material didefinisikan sebagai proses untuk menyediakan material yang benar, tempat yang benar, waktu yang tepat serta jumlah yang tepat sehingga dapat meminimalkan biaya proyek. Manajemen material juga dapat didefinisikan sebagai suatu disiplin ilmu yang mengatur dan mengawasi seluruh alur kegiatan material yang di mulai dari tahap perencanaan, pengadaan, penerimaan, pengerjaan sampai pada tahap penggunaan.

Dalam dunia industri konstruksi masih banyak para pelaku industri konstruksi yang belum menerapkan manajemen material secara maksimal sehingga berkemungkinan akan mendatangkan suatu masalah dalam pelaksanaan industri konstruksi.

2.3.2 Ruang Lingkup Manajemen Material

Berdasarkan pengertian manajemen material yang telah dibahas sebelumnya, maka ruang lingkup dari manajemen material pada proyek konstruksi adalah sebagai berikut ;

1. Merencanakan kebutuhan material sesuai dengan mutu maupun volume yang telah ditentukan.
3. Menentukan pengadaan serta penjadwalan material
4. Melakukan pembelian serta pengiriman

2.3.3 Fungsi Manajemen Material

Manajemen material yang buruk akan berdampak pada proses pelaksanaan oleh sebab itu maka sebab itu manajemen material sangat perlu mengimplementasikan manajemen material pada proyek konstruksi adapun fungsi dari manajemen material dapat dibagi menjadi 2 kategori yaitu :

1. Fungsi utama

- a. Merencanakan kebutuhan material (*Materials Requirements Planning*)
- b. Pembelian
- c. Perencanaan dan pengendalian ketersediaan
- d. Memastikan dan mempertahankan arus dan penyaluran material
- e. Pengontrolan kualitas material
- f. Penghematan

2. Fungsi sekunder

- a. Standarisasi dan penyederhanaan
- b. Membuat keputusan dalam pembelian
- c. memberikan kode dan klasifikasi material
- d. memperkirakan dan merencanakan

2.4 Ketentuan Penulangan

Penulangan pada sektor bangunan konstruksi pada umumnya memiliki ketentuan sendiri, yaitu demi memaksimalkan kekuatan dari suatu struktur, adapun ketentuan dalam penggunaan suatu tulangan yaitu adalah sebagai berikut :

a. Merubah Bentuk Tulangan

Tulangan pada umumnya berbentuk lurus dengan panjang yang sudah ditentukan, pada saat melakukan proses pekerjaan tidak sedikit pekerjaan yang membutuhkan bentuk tulangan bengkok, tulangan bengkok biasanya diperlukan pada pembuatan sengkang. Tulangan awalnya harus dipotong terlebih dahulu dan kemudian di bengkokkan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan sesuai dengan perencanaan. Pembengkokkan tulangan memiliki bentuk yang beragam, dari bengkok 180 hingga 90 derajat.

Adapun ketentuan minimum dalam membengkokkan tulangan dapat dilihat pada Tabel 2.1

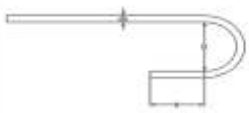
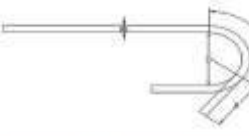

Tabel 2.1 Ketentuan membengkokkan minimum

Dimensi Tulangan	Diamater Minimum
D10 – D25	6Db
D29 – D32	8Db
D44 dan D56	10Db

Sumber : SNI Beton 03-2847-2002

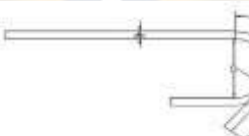
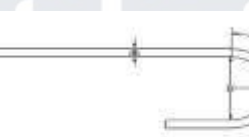
Pembengkokkan tulangan pada umumnya memiliki beberapa variasi sudut, sudut yang sering digunakan adalah antara lain dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Pembengkokan standart tulangan dan standart sengkang

Sudut	ILUSTRASI	DIAMETER TULANGAN ds	DIAMETER BENGKOK MINIMUM	lt MINIMUM
180		10 - 25 mm	6 ds	Yang terbesar antara 4 ds atau 65 mm
		29 - 36 mm	8 ds	
		40 - 55 mm	10 ds	
135		10 - 25 mm	6 ds	Yang terbesar antara 6 ds atau 75 mm
		29 - 36 mm	8 ds	
		40 - 55 mm	10 ds	
90		10 - 25 mm	6 ds	20 ds
		29 - 36 mm	8 ds	
		40 - 55 mm	10 ds	

Sumber : Shop Drawing *Grand Batam Mall*

Tabel 2.3 Pembengkokan standart tulangan dan dan standart sengkang

Sudut	ILUSTRASI	DIAMETER TULANGAN db	DIAMETER BENGKOK MINIMUM	lt MINIMUM
135		8 - 16 mm	4 ds	Yang terbesar antara 6ds atau 75 mm
		19 - 25 mm	6 ds	
90		8 - 16 mm	4 ds	8 ds atau 75 mm
		19 - 25 mm	6 ds	12 ds

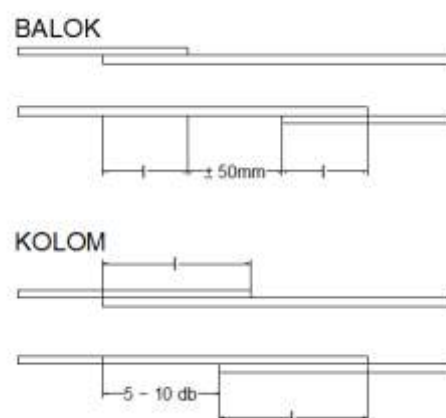
Sumber : Shop Drawing *Grand Batam Mall*

b. Tulangan Sambungan

Pertemuan antara balok dan kolom sebaiknya dilakukan dengan menyambungkan tulangan, dalam hal ini untuk memaksimalkan daya tahan tumpuan yang digunakan apakah menggunakan tumpuan jepit atau sendi.

Sambungan antara balok dan kolom dapat dilakukan dengan mempertemukan antara tulangan utama kemudian saling mengaitkan kedua tulangan tersebut, setelah itu memberikan jepit atau sengkang antara pertemuan kedua tulangan tersebut. Sengkang yang digunakan untuk mengait kedua tulangan antara balok dan kolom berupa tulangan yang memiliki diameter lebih kecil dari tulangan utama serta telah melewati tahap pembengkokkan terlebih dahulu.

Sambungan tulangan pada umumnya dipasang pada konstruksi balok, dimana antara kebutuhan tulangan lapangan dan tulangan dan tumpuan masing-masing harus memiliki sambungan agar dapat menahan beban secara maksimal, pemasangan sambungan pada balok dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Sambungan Balok dan Kolom

c. Standart Berat dan Ukuran Tulangan

Umumnya berat dan ukuran suatu tulangan telah di tentukan berdasarkan jenis dan tingkat kebutuhan dari tulangan pada bidang konstruksi, ketentuan ukuran dan berat suatu tulangan dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Ketentuan Berat dan Ukuran Baja Tulangan

Ukuran (mm)	Berat (Kg/m)
Ø6	0.222
Ø8	0.395
D10	0.617
D12	0.888
D13	1.04
D14	1.12
D16	1.58
D19	2.23
D22	2.98
D25	3.85

Sumber : SNI Beton 03-2847-2002

d. Koefisien Tingkat Kebutuhan Tulangan

Pekerjaan konstruksi memiliki suatu ketentuan dalam pelaksanaan dilapangan, seperti struktur balok, kolom dan pelat memiliki tingkat kebutuhan tulangan tersendiri, hal ini ditujukan untuk penekanan biaya pada masa perencanaan.

Penentuan kebutuhan tulangan dalam suatu struktur berdasarkan kebutuhan beton per m³, adapun penentuan tingkat kebutuhan tulangan yang berdasarkan bangunan gedung antara lain :

1. Per 1 m³ konstruksi pelat membutuhkan sekitar 150 kg Besi
2. Per 1 m³ konstruksi kolom membutuhkan sekitar 300 kg Besi

3. Per 1 m³ konstruksi balok membutuhkan sekitar 200 kg Besi

2.5 Sisa Material

Seiring berjalannya proses pekerjaan konstruksi maka dalam penggunaan material akan semakin meningkat, hal ini berdampak terhadap jumlah material yang tidak terpakai atau sisa material. Selain itu juga berdampak terhadap lingkungan, waktu, dan biaya pada industri konstruksi tersebut. Sisa material atau *Construction waste* merupakan suatu kelebihan jumlah atau kuantitas material yang telah digunakan maupun didatangkan, namun tidak menambah nilai suatu pekerjaan (Asiyanto, 2005). Sisa material juga didefinisikan sebagai sampah maupun material yang rusak dalam setiap pekerjaan konstruksi, renovasi dan pembongkaran. (Lu dan Yuan, 2011).

Menurut (Fatta *et al*, 2003) sisa material atau limbah konstruksi adalah limbah yang ditimbulkan oleh berbagai kegiatan seperti pembukaan atau pembersihan lahan, proses pembangunan struktur baru maupun infrastruktur.

Menurut (Sasidharani dan Jayanthi, 2015) mendefinisikan bahwa sisa material atau limbah konstruksi sebagai limbah yang muncul dari kegiatan konstruksi, renovasi dan pembongkaran termasuk penggalian tanah, bangunan konstruksi, pembukaan lahan, kegiatan pembongkaran, dan perbaikan jalan.

Menurut (Koshy dan Apte, 2012) dalam jurnal (Ghanim. A. Bekr, 2014) mendefinisikan sisa material sebagai kerugian yang dihasilkan oleh suatu kegiatan yang dapat menghasilkan biaya langsung maupun tidak langsung namun tidak menambahkan suatu nilai apapun ke produk dari sudut pandang klien.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa sisa material adalah sesuatu yang berlebih baik yang telah digunakan maupun yang didatangkan yang diakibatkan oleh pekerjaan itu sendiri maupun pada saat pengangkutan maupun penerimaan.

2.6 Faktor Penyebab Sisa Material

Sisa material yang terjadi dilapangan ditimbulkan oleh berbagai hal. Menurut (Gavilan dan Bemold, 1994), sumber-sumber penyebab timbulnya sisa material konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Desain

Dalam suatu pelaksanaan proyek konstruksi pada umumnya pemilik telah memberikan desain gambar atau *design drawing* kepada kontraktor namun pada saat pengerjaan terkadang pemilik ingin merubah desain awal sehingga pekerjaan yang sedang dikerjakan atau telah siap dikerjakan harus dibongkar sesuai dengan desain yang baru hal ini tentu akan berimbas pada material.

Masalah ini merupakan penyumbang utama dalam jumlah besar limbah fisik seperti beton, batu bata, dan lain-lain (S. Nagapan *et al*, 2012).

2. Pengadaan material

Pengadaan material juga kerap menimbulkan masalah yang berdampak terhadap material yang digunakan. Umumnya kesalahan ini muncul ketika terjadi kesalahan / kekeliruan dalam perhitungan kebutuhan material sehingga material yang datang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diminta. Selain itu pengangkutan yang buruk juga dapat menimbulkan kerusakan pada material sehingga material yang diterima cacat / rusak.

3. Penanganan material

Penempatan material yang buruk dapat menjadi penyebab terhadap kerusakan material. Misalnya bahan material yang sangat mudah rusak misalnya semen. Semen merupakan bahan material yang sangat mudah bereaksi terhadap air sehingga material dapat mengeras dan tentu material tersebut tidak dapat digunakan lagi.

4. Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi seringkali kelalian yang dapat menimbulkan kerusakan material. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (S. Nagapan *et al*, 2012) dalam jurnalnya menyatakan bahwa kerusakan akibat kesalahan yang dilakukan oleh para pekerja mendapat nilai tertinggi.

Hal ini dikarenakan kurangnya keterampilan pekerja itu sendiri dan kurangnya pemahaman terhadap penggunaan alat sehingga menyebabkan kerusakan material.

5. Residu

Sisa material juga dapat ditimbulkan oleh penggunaan material itu sendiri. sehingga material yang ingin digunakan harus dipotong atau dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Hal ini tentu akan menimbulkan sisa material akibat dari pemotongan. Selain itu kemasan yang buruk juga dapat menyebabkan material itu rusak.

6. Lain-lain.

Kerugian material juga diakibatkan oleh kurangnya pengontrolan terhadap material itu sendiri sehingga dapat memicu hal-hal yang tidak diinginkan.

Misalnya ada pihak yang tidak bertanggung jawab melakukan pencurian terhadap

material baik material baru maupun material yang ingin digunakan kembali serta pemalsuan dokumen/laporan .

Untuk lebih jelasnya kita dapat melihat hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Hasil penelitian (Bossink dan Browser, 1996) dalam jurnal (Intan *et a.*, 2005) di Belanda, menyimpulkan sumber dan penyebab sisa material konstruksi berdasarkan kategori yang telah dibuat oleh (Gavilan dan Bemold, 1994) adalah seperti tercantum pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.5 Sumber dan Penyebab Sisa Material Konstruksi

Sumber	Penyebab
Desain	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesalahan dalam dokumen kontrak Ketidaklengkapan dokumen kontrak 2. Perubahan desain 3. Memilih spesifikasi produk 4. Memilih produk yang berkualitas rendah 5. Kurang memperhatikan ukuran dari produk yang digunakan 6. Desainer tidak mengenal dengan baik jenis-jenis produk yang lain 7. Pendetailan gambar yang rumit 8. Informasi gambar yang kurang 9. Kurang berkoordinasi dengan kontraktor & kurang berpengetahuan tentang konstruksi
Pengadaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesalahan pemesanan, kelebihan, kekurangan, dsb. 2. Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil 3. Pembelian material yang tidak sesuai dengan spesifikasi 4. Pemasok mengirim barang tidak sesuai dengan spesifikasi 5. Kemasan kurang baik, menyebabkan terjadi kerusakan dalam perjalanan

Tabel 2.5 Sumber dan Penyebab Sisa Material Konstruksi

Penanganan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Material yang tidak dikemas dengan baik 2. Material yang terkirim dalam keadaan tidak padat/kurang 3. Membuang atau melempar material 4. Penanganan material yang tidak hati-hati pada saat pembongkaran untuk dimasukkan ke dalam gudang 5. Penyimpanan material yang tidak benar menyebabkan kerusakan 7. Kerusakan material akibat transportasi ke/di lokasi proyek
Pelaksanaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja 2. Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik 3. Cuaca yang buruk 4. Kecelakaan pekerja di lapangan 5. Penggunaan material yang salah sehingga perlu diganti 6. Metode untuk menempatkan pondasi 7. Jumlah material yang dibutuhkan tidak diketahui karena perencanaan yang tidak sempurna 8. Informasi tipe dan ukuran material yang akan digunakan terlambat disampaikan kepada kontraktor 9. Kecerobohan dalam mencampur, mengolah dan kesalahan dalam penggunaan material sehingga perlu diganti. 10. Pengukuran di lapangan tidak akurat sehingga terjadi kelebihan volume
Residual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi 2. Kesalahan pada saat memotong material 3. Kesalahan pesanan barang, karena tidak menguasai spesifikasi 4. Kemasan 5. Sisa material karena proses pemakaian
Lain-lain	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kehilangan akibat pencurian 2. Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material.

Sumber : (Bossink dan Browser. 1996)

2.7 Klasifikasi Sisa Material Konstruksi

Menurut (Tchobanoglous *et al*, 1976) sisa material konstruksi yang timbul dapat dikategorikan menjadi 2 bagian yaitu :

1. *Demolition waste* adalah sisa material yang ditimbulkan dari hasil pembongkaran atau penghancuran bangunan lama.
2. *Constructition waste* adalah sisa material konstruksi yang berasal dari pembangunan atau renovasi bangunan milik pribadi, komersil dan struktur lainnya. Sisa material tersebut berupa sampah terdiri dari betom, batu bata, plesteran, kayu, sirap, pipa dan komponen listrik.

Construction Waste dapat digolongkan kedalam dua kategori berdasarkan tipenya yaitu: *Direct waste* dan *indirect waste* (Intan *et al*, 2005).

1. *Direct waste*

Direct waste adalah sisa material yang muncul dalam proyek yang diakibatkan karena terjadi kerusakan dan tidak digunakan lagi dan terdiri dari:

a. Sisa pengiriman dan penerimaan.

Semua sisa material yang timbul oleh pengiriman yang buruk dan mengakibatkan rusaknya material tersebut.

b. Sisa penyimpanan.

Sisa material yang timbul karena penumpukan/ penyimpanan material pada tempat yang buruk sehingga material tersebut rusak.

c. Sisa perubahan bentuk.

Sisa material yang terjadi akibat pemotongan bahan dengan bentuk yang tidak ekonomis seperti material besi, beton, keramik, dsb.

d. Sisa pemasangan

Sisa material yang dihasilkan oleh suatu pekerjaan dilapangan (tercecer) misalnya; semen, pasir, batu bata, dll.

e. Sisa pemotongan.

Sisa material yang dihasilkan oleh pekerjaan itu sendiri (pemotongan)

2. *Indirect Waste*

Indirect Waste adalah sisa material yang terjadi dalam bentuk sebagai kehilangan biaya, kelebihan pemakaian volume material dari yang telah di rencanakan, dan tidak terjadi sisa material secara fisik di lapangan *Indirect*

Waste dapat dibagi atas tiga jenis yaitu:

a. *Substitution waste* (sisa hasil pergantian)

Sisa material yang diakibatkan penggunaanya yang menyimpang dari yang direncanakan, sehingga menyebabkan terjadinya kehilangan biaya yang dapat disebabkan karena tiga alasan;

1. Pembelian material terlalu banyak.
2. Kerusakan material
3. Semakin bertambahnya kebutuhan material tertentu

b. *Production waste* (sisa hasil produksi)

Sisa material yang disebabkan oleh pemakaian yang berlebih dan kontraktor tidak berhak mengklaim atas kelebihan volume tersebut karena dasar pembayaran berdasarkan volume kontrak.

c. *Negligence Waste* (sisa karena kalalian)

Sisa material yang terjadi karena kesalahan dilokasi, sehingga kontraktor menggunakan material lebih dari yang ditentukan, misalnya; kesalahan pemotongan material, kesalahan pengukuran, dll.

2.8 Perhitungan waste

Untuk menganalisa sisa material dapat dilakukan 2 metode perhitungan sebagai tolak ukur untuk mengetahui besaran / volume sisa material dalam suatu kegiatan proyek konstruksi yaitu; *waste level* dan *waste cost*.

2.8.1 *Waste level*

Wastage level ini dihitung untuk mengetahui volme waste dari masing-masing item material yang diteliti.waste level ini dihitung menggunakan metode pendekatan dengan rumus (Poon, 2004) :

$$\mathbf{WasteLevel} = \frac{\mathbf{volume\ waste}}{\mathbf{volume\ material\ terpakai}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

Vol. *waste* = vol. material terpakai – vol. material terpasang

Tabel 2.6 Rekapitulasi *Wastel Level*

No	Material	Satuan	Kedatangan Logistik	Terpasang (As Built)	Volume Waste	Waste Level (%)
1	Bata Ringan	M3	1.100,00	1.046,36	53,64	4,88
2	Besi Polos D16	Kg	89.301,60	88.030,31	1.271,29	1,42
3	Besi Ulir D22	Kg	730.576,80	729.463,46	1.113,34	0,15
4	Besi polos D10	Kg	792.170,00	791.967,95	202,05	0,03

Sumber : (Rahmawati, F. dan Wahyu, D.H. 2013)

2.8.2 Waste Cost

Waste Cost Pengelolaan limbah yang lebih baik akan menghemat pengeluaran, menaikkan keuntungan dan juga mengurangi waste. Waste Cost ini juga digunakan untuk mengetahui Banyak kontraktor tidak menyadari bahwa biaya sebenarnya dari material waste (*The true cost of material wastes*) (Branz, 2002) dan (Artama *et al*, 2009) adalah:

$$\text{True cost} = \text{purchase price} + \text{transportation costs} + \text{handling} + \text{storage cost} \\ + \text{disposal cost} + \text{loss of salvage revenue}$$

Contoh perhitungan estimasi waste cost dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7 Rekapitulasi Waste Cost

No	Material	Kebutuhan	Pemesanan	Volume Waste	Waste level (%)	Harga Satuan	Waste Cost	Waste Cost (%)
1	Beton	10841.38	11000	0.0144	1.44	1341057	212718461.3	96.777
2	Besi D10	68859	68900	0.0006	0.06	15000	615000	0.2798
3	Besi D13	92739.6	92750	0.0001	0.01	18092	188156.8	0.0856
4	Besi D16	5792.7	5800	0.001	0.1	13799	100732.7	0.0458
5	Besi polos D25	24587	24594	0.003	0.03	13656	95592	0.0435
6	Agregat	404.28	410	0.014	1.4	527238	3015801.36	1.372
7	Plastik	12222	12400	0.014	1.4	15000	2670000	1.372
8	Paralon	402	410	0.0075	0.75	5000	400000	0.182
Total							2198033744	100%

Sumber : (Sugiyarto. *et al*. 2017)

2.9 Manajemen Limbah Konstruksi

Manajemen limbah konstruksi dalam pengertian umum merupakan suatu tindakan atau langkah untuk mengurangi atau menangani sisa material yang dihasilkan oleh kegiatan konstruksi maupun pembongkaran (construction dan demolition). Sedangkan menurut (Fauziah, S., dan Agamuthu, P., Agamuthu, 2012) dalam jurnal (Saadi. *et al*, 2016) mendefinisikan manajemen limbah konstruksi sebagai disiplin ilmu yang mencakup tentang limbah konstruksi, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, serta pembuangan dengan mempertimbangkan dampak lingkungan, ekonomi, estetika, dan kepentingan umum. Menurut (Yuan, 2013) manajemen sisa material konstruksi merupakan salah satu langkah pendekatan untuk mewujudkan tercapainya pembangunan yang berkelanjutan “*sustainable development*” serta meminimalkan limbah dan menghindari dampak negatif terhadap lingkungan.

Menurut (Nagapan *et al*, 2012) dalam jurnal (Saadi *et al*, 2016) mendefinisikan manajemen limbah konstruksi sebagai alat untuk mengidentifikasi arus aliran limbah yang dihasilkan sesuai dengan target yang ditentukan dan memastikan penerapan yang baik dalam pengelolaan limbah konstruksi.

Penanganan sebuah sisa material harus dilakukan sebagai tahapan yang berguna untuk menangani atau mengurangi munculnya sisa material. Pada setiap setiap proyek konstruksi jenis material yang digunakan bermacam-macam dan menghasilkan sisa material material yang beragam dan oleh sebab itu perlu adanya usaha penanganan sisa material.

Semakin meningkatnya kesadaran tentang dampak lingkungan yang dihasilkan oleh sisa material atau *construction waste* maka menjadikan

manajemen sisa material sebagai salah satu bagian penting dalam manajemen proyek (Shen *et al*, 2004).

Penanganan limbah konstruksi yang paling umum adalah mengungkap konsep 3R yaitu *reduce*, *reuse*, dan *recycle*.

2.9.1 *Reduce*

Reduce merupakan salah satu usaha untuk mengantisipasi segala macam persoalan yang dapat menyebabkan terjadinya sisa material pada saat proses pelaksanaan baik pada awal pengerjaan maupun pekerjaan itu sedang berlangsung.

Reduce (pengurangan) material sisa konstruksi dalam hal ini dapat dibagi menjadi dua cara, yaitu :

a. Pencegahan

Pencegahan adalah usaha yang dilakukan untuk mengurangi penggunaan material yang dapat menghasilkan sisa material. Langkah pencegahan merupakan tindakan awal yang dapat dilakukan pada tahap perencanaan sebelum pekerjaan lapangan dilaksanakan.

b. Minimalisasi

Minimalisasi adalah usaha yang dilakukan untuk mengurangi sisa material konstruksi dengan cara mengambil langkah yang cepat dalam penanganan sisa material konstruksi. Umumnya langkah ini diambil pada saat pekerjaan berlangsung.

Pengurangan limbah konstruksi dapat dilakukan sebagai langkah untuk menghilangkan pemborosan, keputusan yang tepat terhadap desain, manajemen

lokasi, standarisasi bahan konstruksi yang tepat, dan kodifikasi yang sama (A. A.Gulghane *et al*, 2015) dan (S. Sanmath, 2011)

2.9.2 Reuse

Reuse (penggunaan ulang) adalah usaha untuk menggunakan kembali sisa material untuk digunakan pada pekerjaan lain yang membutuhkan material dengan ukuran yang mencukupi dari sisa material tersebut.

Dalam sumber lain *reuse* merupakan penggunaan kembali secara konvensional dimana barang yang telah digunakan akan digunakan kembali untuk fungsi yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk mencegah konsumsi material atau bahan mentah baru, energi dan produksi limbah konstruksi. Namun sisa material yang digunakan harus memiliki kualitas yang dapat diterima untuk pekerjaan tersebut (Rouhi *et al*, 2016).Berikut adalah contoh jenis sisa material yang dapat digunakan kembali

Tabel 2.8 Penggunaan kembali Sisa Material

Jenis Sisa Material	Penggunaan kembali
Pintu, kusen dan jendela	Penyesuaian/ pemenuhan dimensi
Profil baja	Hanya dapat digunakan pada bagian kecil struktur bangunan. Jika ada tampilan korosi dan putaran yang tidak terlihat
Pasir dan kerikil	Sebagai bahan urugan untuk menambah nilai elevasi

Sumber : (Rouhi *et al*, 2016)

2.9.3 *Recycle*

Menurut (Tam dan Tam, 2006) dalam jurnal (Femi dan Shabbir, 2009) menyatakan bahwa *recycle* merupakan salah satu langkah strategi untuk mengurangi limbah konstruksi, karena memberikan keuntungan seperti mengurangi permintaan sumber daya baru, mengurangi biaya transportasi dan produksi, serta mengurangi kebutuhan untuk menempatkan limbah konstruksi.

Recycle adalah suatu proses daur ulang sisa material konstruksi menjadi produk baru yang memiliki nilai kegunaan dan nilai jual. Dengan ini pihak-pihak terkait akan mendapatkan keuntungan dari penerapan *Recycle*. Proses daur ulang pada umumnya hanya dapat dilakukan terhadap material tertentu yang sifatnya dapat didaur ulang. Jenis sisa material yang dapat didaur ulang antara lain karet, aspal, beton, besi, cat, plastik, kayu, pipa PVC, kertas packaging, besi baja, kaca, keramik, aluminium, seng. Tindakan yang dapat dilakukan untuk melakukan daur ulang (Construction waste management guide, 2005) antara lain:

- a. Memasukkan persyaratan pada saat prakualifikasi mengenai pengalaman kontraktor dalam mengurangi sisa material, dan memilih kontraktor berdasarkan track record dalam perencanaan pengelolaan sisa material pada proyek-proyek sebelumnya.
- b. Mengidentifikasi dan mendaftarkan material konstruksi yang dapat didaur ulang, serta merencanakan teknik penanganan, penyimpanan, atau pemindahan material yang masih dapat didaur ulang.
- c. Memilih sisa material konstruksi yang bernilai jual kembali tinggi serta menjadwalkan proses daur ulang sisa material konstruksi.

2.10 Penelitian Terdahulu

1. Frida Rahmawati dan Diana Wahyu Hayati (2013) Berdasarkan hasil penelitian didapatkan material yang berpotensi menjadi *waste* adalah bata ringan dengan menggunakan metode *waste hierarchy* dengan *waste cost* sebesar Rp 41.587.835,21 dan *waste level* sebesar 4,88% . Faktor penyebab terjadinya sisa material adalah faktor *man, measure* dan *management*.
2. Widi Hartono, Christianto Hartomo dan Sugiyarto (2015) Penelitian ini menggunakan metode Fault Tree Analysis dengan jenis sisa material yang diteliti adalah batu bata, semen, pasir, kerikil dan besi pada Proyek Kelurahan Gilingan, Jagalan dan Kauman. Berdasarkan hasil penelitian total biaya sisa material paling besar terletak pada Proyek Kelurahan Kauman yaitu sebesar Rp 2.589.450. Sisa material paling dominan adalah besi.
3. Sugiyarto, Widi Hartono dan Indra Tri Prakoso (2017) Penelitian ini menganalisis dan mengidentifikasi sisa material konstruksi jalan beton pada jalan Surakarta-Gemoloong-Geyer menggunakan metode *fishbone diagram* untuk mengetahui penyebab terjadinya sisa material. Berdasarkan hasil penelitian nilai *waste* terbesar adalah beton dengan nilai *waste cost* Rp 212.861.219,00 dengan *waste level* sebesar 1,4% dengan harga material beton tertinggi.