

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material besi beton

Material adalah segala jenis bahan yang digunakan untuk membangun suatu objek. Material dapat berasal dari sumber daya alam maupun hasil rekayasa manusia. Dalam dunia teknik, material juga dapat diartikan sebagai bahan yang digunakan untuk membangun mesin atau alat. Material memiliki berbagai macam jenis dan dapat menjadi bagian dari konstruksi bangunan, teknologi, otomotif, dan bahkan pakaian. Saat pelaksanaan konstruksi di lapangan sering terjadinya sisa material atau *waste* yang nilainya tidak kecil, hal ini disebabkan karena kurangnya perencanaan material yang benar. Dalam beberapa proyek terdapat beberapa jenis Material yaitu material yang akan menjadi bagian dari struktur fisik bangunan, contohnya: semen, pasir, kerikil, batu bata, besi tulangan, baja, dan lain-lain. Selain itu juga terdapat material penunjang atau pembantu dalam proses konstruksi, contoh: perancah, bekisting, dan dinding penahan sementara. Setelah material digunakan maka material akan menjadi salah satu dari struktur bangunan dan kelebihan material / waste

Sisa material bisa terus bertambah seiring dengan pekerjaan dan metode kerja serta perkembangan pembangunan di lapangan sehingga perlu adanya cara untuk memakai kembali sisa material tersebut atau Percobaan untuk mengurangi sisa material

Salah satu material konstruksi paling terkenal merupakan besi beton atau kadang disebut juga *Rebar*. *Rebar* adalah singkatan dari "*reinforcing bar*". *Rebar* adalah material yang terbuat dari baja dan digunakan dalam konstruksi bangunan. *Rebar* digunakan untuk memperkuat struktur pengecoran beton dengan cara ditempatkan di dalam cetakan beton sebelum beton dicurahkan. Batang-batang tulangan ini akan membentuk jaringan yang mengikat beton dan memberikan kekuatan tambahan pada struktur. Fungsi utama *Rebar* adalah untuk menahan dan mendistribusikan beban pada beton sehingga struktur menjadi lebih kokoh dan mampu menahan tekanan dan gaya-gaya eksternal.

Dalam konstruksi, perencanaan dan pemasangan *Rebar* harus sesuai rencana struktur. Hal ini melibatkan pemilihan jenis dan ukuran *Rebar* yang tepat, pengaturan jarak antar *Rebar*, serta teknik pemasangan yang benar agar struktur beton menjadi kuat dan tahan lama. Penggunaan *Rebar* dalam struktur bangunan memiliki fungsi dan manfaat:

1. Meningkatkan Kekuatan Struktur

Rebar memberikan kekuatan tambahan pada beton dengan menahan tekanan dan gaya tarik yang terjadi pada struktur. Hal ini membuat struktur bangunan lebih kuat dan mampu menahan beban yang diberikan kepadanya.

2. Meningkatkan Daya Lentur

Dengan adanya *Rebar*, struktur beton memiliki daya lentur yang lebih baik. *Rebar* membantu mencegah retak pada beton dan memastikan distribusi beban yang merata di seluruh struktur. Ini membuat struktur mampu menahan beban lateral, seperti angin atau gempa bumi.

3. Meningkatkan Daya Tahan Tekanan

Rebar membantu meningkatkan daya tahan struktur terhadap tekanan, baik itu dari beban statis (misalnya berat bangunan) maupun beban dinamis (misalnya beban angin atau gempa bumi). Dengan adanya *Rebar*, struktur beton menjadi lebih kokoh dan dapat menahan tekanan yang berlebihan.

4. Mencegah Retak

Rebar membantu mencegah terjadinya retak pada beton. Retak biasanya terjadi karena gaya tarik yang tinggi. Dengan adanya *Rebar* yang ditempatkan dengan baik, gaya tarik dapat diatasi dengan lebih efektif, sehingga risiko retak pada struktur berkurang.

5. Meningkatkan Daya Tahan Terhadap Korosi

Rebar yang dilapisi dengan lapisan pelindung, seperti *epoxy*, membantu mencegah korosi atau oksidasi yang dapat merusak baja. Hal ini memperpanjang umur *Rebar* dan menjaga kekuatannya.

6. Meningkatkan Stabilitas

Dengan adanya *Rebar* yang terhubung dengan baik, struktur bangunan menjadi lebih stabil. *Rebar* membantu menjaga kekokohan struktur dan mengurangi kemungkinan keruntuhan yang disebabkan oleh beban eksternal atau perubahan lingkungan.

7. Meningkatkan Keamanan

Penggunaan *Rebar* dalam struktur bangunan juga berkontribusi pada peningkatan keamanan. Dengan adanya *Rebar*, struktur menjadi lebih kuat dan mampu menahan beban yang dihadapinya. Ini memberikan perlindungan lebih baik terhadap kecelakaan atau kerusakan yang mungkin terjadi. Secara keseluruhan, penggunaan *Rebar* dalam struktur bangunan memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan kekuatan, keandalan, dan daya tahan struktur. *Rebar* membantu menjaga keamanan dan stabilitas bangunan, serta mencegah terjadinya retak

dan kerusakan yang dapat mengancam keselamatan penghuni dan kelangsungan bangunan itu sendiri.

Jenis-jenis *Rebar*

Ada beberapa jenis *Rebar* yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan. Berikut ini adalah beberapa jenis *Rebar* yang sering digunakan:

1. *Rebar* Batang Polos (*Plain Bar*)

Ini adalah jenis *Rebar* paling sederhana yang tersedia dalam bentuk batang lurus dengan permukaan yang halus. *Rebar* batang biasanya digunakan dalam konstruksi beton biasa yang tidak memerlukan kekuatan tambahan.

2. *Rebar* Ulir (*Deformed Bar*)

Rebar ulir memiliki permukaan yang bergerigi atau berulir, yang membantu meningkatkan daya rekat antara beton dan baja. Permukaan yang berulir memberikan kekuatan tambahan pada struktur dan mencegah gesekan antara beton dan *Rebar* saat terjadi beban tarik.

3. *Rebar* Tempel (*Welded Wire Fabric*)

Rebar tempel terdiri dari kawat baja yang diikat bersama untuk membentuk jaringan baja. Jenis *Rebar* ini digunakan terutama dalam struktur beton bertulang ringan seperti panel dinding, lantai, dan trotoar.

4. *Rebar* Spiral (*Spiral Bar*)

Rebar spiral memiliki bentuk spiral yang memanjang. Jenis *Rebar* ini digunakan terutama dalam struktur yang memerlukan kekuatan tambahan dan daya tahan terhadap gaya geser, seperti kolom beton bertulang atau struktur yang tunduk pada beban lateral yang tinggi.

5. *Rebar* Peregangan Tinggi (*High Tensile Rebar*)

Rebar peregangan tinggi terbuat dari baja dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada *Rebar* biasa. Jenis *Rebar* ini digunakan dalam struktur yang memerlukan kekuatan tambahan, seperti jembatan, pelabuhan, atau bangunan dengan beban yang sangat tinggi.

6. *Rebar* Tahan Korosi (*Corrosion-Resistant Rebar*)

Rebar tahan korosi biasanya dilapisi dengan bahan pelindung seperti epoksi atau seng untuk mencegah korosi atau oksidasi terjadi pada batangan tulangan. Jenis *Rebar* ini digunakan terutama dalam lingkungan yang korosif, seperti bangunan di dekat pantai atau area dengan kelembaban tinggi.

7. *Rebar* Khusus (*Specialty Rebar*)

Ada juga jenis *Rebar* khusus yang dirancang untuk tujuan tertentu, misalnya, *Rebar* yang diperkuat dengan serat karbon untuk meningkatkan kekuatan atau *Rebar* yang dirancang khusus untuk struktur yang kompleks.

Pemilihan jenis *Rebar* yang tepat tergantung pada persyaratan struktural, lingkungan konstruksi, dan kekuatan yang diperlukan. Penting untuk berkonsultasi dengan insinyur atau ahli konstruksi untuk memilih jenis *Rebar* yang paling sesuai untuk proyek bangunan.

Rebar memiliki beberapa hal yang perlu diperhatikan saat penggunaannya dalam konstruksi. Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangan *Rebar*: Kekuatan dan Ketahanan, sebagai salah satu kelebihan, *Rebar* terbuat dari baja yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Hal ini membuatnya ideal untuk memberikan kekuatan dan ketahanan tambahan pada struktur beton. Lalu ada keunggulan fleksibilitas dan keandalan: *Rebar* dapat dipotong dan dibentuk sesuai dengan kebutuhan desain. Ini memberikan fleksibilitas dalam penggunaannya dalam berbagai proyek konstruksi. Selain itu, *Rebar* diketahui sebagai bahan konstruksi yang andal dan terpercaya. Peningkatan Daya Tahan terhadap Gempa: *Rebar* memiliki kemampuan untuk meningkatkan daya tahan struktur terhadap gempa. Ketika ditempatkan dengan benar dan terikat dengan kuat, *Rebar* membantu mencegah keruntuhan struktur dalam situasi gempa bumi. Mendukung Beton: *Rebar* membantu dalam meningkatkan kekuatan beton dengan memberikan dukungan internal. Ini membantu mencegah retak dan deformasi pada beton. Biaya yang Terjangkau: *Rebar* merupakan bahan konstruksi yang relatif terjangkau dibandingkan dengan bahan Percobaan seperti serat karbon. Hal ini membuatnya lebih mudah diakses dan digunakan dalam berbagai proyek konstruksi.

Sedangkan kelemahan besi tulangan adalah antara lain Rentan Terhadap Korosi: Salah satu kelemahan *Rebar* adalah rentannya terhadap korosi. Ketika *Rebar* terpapar air dan kelembaban yang berlebihan, korosi dapat terjadi dan menyebabkan kerusakan struktural yang serius. Oleh karena itu, perlindungan dan perawatan yang tepat diperlukan untuk mencegah korosi pada *Rebar*. Berat: *Rebar* memiliki bobot yang relatif berat, terutama dalam jumlah yang besar. Hal ini dapat membuat proses instalasi dan manipulasi menjadi lebih sulit dan memerlukan tenaga kerja yang lebih banyak. Potensi Retak dan Keretakan: Jika *Rebar* tidak ditempatkan atau diikat dengan benar, atau jika ada ketidaksesuaian antara ekspansi *Rebar* dan beton di sekitarnya, ada risiko terjadinya retak dan keretakan pada struktur. Ini dapat mengurangi keandalan dan kekuatan struktur secara keseluruhan. Diperlukan keterampilan dan penanganan yang tepat: pengaplikasian *Rebar* memerlukan keterampilan khusus dan penanganan yang tepat. Kealpaan dalam pengikatan atau penempatan *Rebar* dapat berdampak

negatif pada kualitas dan keandalan struktur. Pemahaman tentang kelebihan dan kekurangan *Rebar* membantu para profesional konstruksi untuk mempertimbangkan faktor-faktor tersebut dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi. Dalam banyak kasus, *Rebar* tetap menjadi pilihan yang populer dan dapat diandalkan dalam memperkuat struktur.

2.2 Sisa Material Besi beton

Sisa material konstruksi pasti selalu ada pada tiap proyek konstruksi, baik proyek pembangunan atau proyek pembongkaran (*Construction and Demolition*). Banyak contoh material konstruksi yang bisa didapat saat melakukan beberapa pembongkaran diantaranya berupa beton, batu bata, plester, bahan atap, bahan plumbing, dan bahan instalasi listrik seperti kabel dan timah.

Secara umum barang fisik yang sisa pada proyek tentu akan dibuang atau bisa disebut material yang tidak digunakan lagi. Material pada sektor konstruksi juga biasa disebut sebagai *waste* yang merupakan suatu kelebihan kuantitas material yang digunakan dan tidak menambah nilai suatu pekerjaan. Perlu adanya pengelolaan manajemen yang baik dan perencanaan yang akurat supaya tidak ada hal yang bisa membuat pekerjaan konstruksi terlambat. Proyek adalah kegiatan yang memiliki tujuan menghasilkan sesuatu yang unik dan berbeda. Menurut Munawaroh (2003), proyek adalah program kerja pada suatu organisasi yang sifatnya sementara sebagai pendukung agar tercapainya tujuan yang menggunakan SDM atau non-SDM. Keberhasilan suatu proyek tergantung pada pemenuhan kriteria dan standard agar proyek berhasil. Kriteria yang dimaksud ialah kualitas proyek dan material konstruksi yang sesuai standard, jangka waktu penyelesaian dan biaya yang dikeluarkan. Agar proyek dapat berjalan dengan baik perlu adanya kesiapan dan sumber daya yang memenuhi secara kualitas.

Material merupakan suatu barang secara fisik pada proyek konstruksi yang rentang terhadap pemborosan, hal itu bisa terjadi karena adanya kesalahan penanganan material yang membuat material tersebut menjadi atau tidak terpakai. Sisa material dalam beberapa kasus dapat merugikan bagi perusahaan konstruksi apabila jumlahnya sangat banyak. Selain itu, juga bisa mempengaruhi hal non-fisik juga yakni waktu dan uang.

Sisa material merupakan suatu kelebihan material pada proyek yang tidak menambah nilai apa pun namun dampaknya cukup besar pada biaya produksi. Pengelolaan material dan sisa material yang baik bisa meningkatkan efisiensi dalam logistik konstruksi sekitar 9% (Tischer dkk, 2013).

2.3 Klasifikasi Sisa Material Konstruksi

Ada beberapa sisa material yang bisa di daur ulang dan berbahaya. Ada beberapa faktor untuk mengategorikan sisa material pada suatu proyek, yaitu :

1. Tipe struktur (bangunan tempat tinggal, industri, dan komersial)
2. Tinggi atau rendahnya bangunan struktur
3. Aktivitas seperti renovasi atau perubuhan
4. Besarnya proyek yang dikerjakan keseluruhan
5. Lokasi proyek (dataran tinggi atau dataran rendah)
6. Metode kerja dan metode penyimpanan yang digunakan
7. Penjadwalan atau *Schedule*

Sisa material konstruksi dapat diklasifikasikan menjadi material hasil pembongkaran dan sisa material hasil dari proses pembangunan yakni sisa material langsung yang timbul karena adanya kerusakan dan tidak langsung yang disebabkan karena pemakaiannya terlalu banyak yang membuat sisa pada suatu tipe material.

2.4 Besi Tulangan

Besi tulangan adalah batang baja yang berbentuk lurus dan digunakan sebagai substansi penekan pada struktur beton bertulang gunanya yakni memperkuat beton di agar bisa menerima tekanan. Besi tulangan meningkatkan kekuatan tarik cukup besar (*The Civil Engineering Handbook Second Edition*).

Jenis besi tulangan ada 2 macam, yakni :

a. Baja tulangan beton polos

Baja tulangan polos merupakan tulangan yang berpenampang bulat dengan permukaan tidak bersirip (SNI 2052:2017). Baja tulangan polos terbuat dari billet baja yang memiliki komposisi karbon (C), silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P), belerang (S) dan karbon ekuivalen (Ceq). Baja ini tidak adanya lipatan maupun gelombang dan hanya diperbolehkan berkarat ringan. Contoh diameter dan berat per meter baja tulangan polos tercantum pada Tabel 1.1

Tabel 2. 1 Tabel Diameter dan berat per Meter

No	Penamaan	Diameter Nominal (mm)	Luas Penampang Nominal (A) (mm ²)	Berat Nominal per Meter ($\frac{kg}{m}$)
1	P6	6	28	0.222
2	P8	8	50	0.395
3	P10	10	79	0.617
4	P12	12	113	0.888
5	P14	14	154	1.208
6	P16	16	201	1.578
7	P19	19	284	2.226
8	P22	22	380	2.984
9	P25	25	491	3.853
10	P28	28	616	4.834

Sumber: PT. Aneka Juragan Material. (2023). *Tabel berat besi beton sesuai SNI dan cara menghitungnya*.
juraganmaterial.id/blog/tips-juragan/berat-besi-beton (diolah oleh penulis)

Berikut merupakan cara menghitung salah 1 contoh diameter tabel 1.1:

1. Luas penampang nominal (A)

$$A = 0.7854 \times d^2$$

d = diameter nominal (mm)

2. Berat nominal = $0.785 \times (0.7854 \times d^2) / 100$ (kg/m)

(Sumber : SNI 2052:2017)

b. Baja tulangan beton ulir

Baja tulangan beton ulir merupakan tulangan beton yang permukaannya memiliki ulir yang melintang agar meningkatkan daya lekat dan menahan gerakan membujur (SNI 2052:2017). Bahan baku baja tulangan beton ulir terbuat dari billet baja yang komposisinya sama seperti baja tulangan beton polos

2.5 Sumber dan Penyebab Sisa Material Konstruksi pada Beberapa Literatur

Sisa material yang terjadi di lapangan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, menurut Gavilan dan Bernold (1980), ada 6 penyebab suatu sisa material yakni desain, pengadaan material, penanganan material, pelaksanaan, residual dan lain-lain. Menurut Hasil penelitian Bossink dan Browers, mereka menyimpulkan beberapa kategori yang telah dibuat oleh Gavilan dan Bernold tersebut pada Tabel 1.2

Tabel 2. 2 Tabel Sumber dan Penyebab Sisa Material Secara General

Sumber	Penyebab
1. Desain	Kesalahan pada dokumen kontrak
	Tidak lengkapnya dokumen kontrak
	Adanya Perubahan desain
	Pemilihan spesifikasi produk
	Pemilihan produk berkualitas rendah
	Kurangnya perhatian pada ukuran produk
	Tidak mengenal dengan baik jenis-jenis produk lain
	Detail gambar atau denah yang rumit
	Kurangnya informasi gambar
	Kurangnya koordinasi dengan kontraktor dan pengalaman mengenai konstruksi yang matang
2. Pengadaan	Kesalahan pemesanan, kelebihan, kekurangan, dsb.
	Pesanan yang tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil
	Material yang tidak sesuai dengan spesifikasi
	Pengiriman barang yang tidak sesuai spesifikasi
	Kemasan kurang baik, menyebabkan kerusakan saat perjalanan
3. Penanganan	Pengemasan material kurang baik
	Material dalam keadaan tidak padat
	Membuang / melempar material
	Penanganan material yang tidak hati-hati saat pembongkaran untuk dimasukkan ke dalam gudang
	Penyimpanan material yang tidak benar
	Kerusakan material akibat transportasi ke/di lokasi proyek
4. Pelaksanaan	Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja

	Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik
	Cuaca buruk
	Kecelakaan pekerja di lapangan
	Penggunaan material yang salah sehingga perlu diganti
	Metode untuk menempatkan fondasi
	Jumlah material yang dibutuhkan tidak diketahui karena perencanaan yang tidak sempurna
	Informasi tipe dan ukuran material yang akan digunakan terlambat disampaikan kepada kontraktor
	Ceroboh dalam mengolah material dan kesalahan dalam penggunaan material sehingga perlu diganti
	Pengukuran di lapangan tidak akurat membuat kelebihan volume
5. Residual	Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi
	Kesalahan pada saat memotong material
	Kesalahan pesanan barang, karena tidak menguasai spesifikasi
	Kemasan
	Sisa material karena proses pemakaian
6. Lain - lain	Kehilangan akibat pencurian
	Buruknya perencanaan manajemen kontrol material terhadap sisa material

Sumber: Intan, S., Alifen, R. S., & Arijanto, L. S. (2005). ANALISA DAN EVALUASI SISA MATERIAL KONSTRUKSI SUMBER PENYEBAB KUANTITAS DAN BIAYA. *Civil Engineering Dimension*, 7(1), pp. 36-45.
<https://doi.org/10.9744/ced.7.1.pp.36-45>

Dari penelitian terdahulu juga ada empat jenis kategori penyebab sisa material di bidang konstruksi yang disajikan dalam Tabel 1.3.

Tabel 2. 3 Faktor Penyebab Terjadinya Sisa Material pada Penelitian Terdahulu

Kategori	Faktor Penyebab	Setyanto dkk	Safitri dkk
Kontrak	Kesalahan dalam dokumen kontrak		
	Kelengkapan dokumen kontrak dan manajemen konstruksi		
Desain	Perubahan permintaan yang tiba-tiba dari pemilik proyek		
	Perubahan desain dan rincian desain yang kompleks		
	Kesalahan desain pada saat konstruksi		
	Spesifikasi yang tidak jelas		
	Kekurangan informasi pada gambar		
	Pengerjaan dan distribusi revisi gambar yang lambat		
	Memilih spesifikasi produk		

	Memilih produk berkualitas rendah		
	Kurang memperhatikan ukuran dari produk yang digunakan		
	Perancang tidak mengenal dengan baik jenis-jenis produk yang lain		
	Pendetailan gambar yang rumit		
	Kurang berkoordinasi dengan kontraktor dan kurang berpengalaman mengenai konstruksi		
Pengadaan	Kesalahan dalam pemesanan material		
	Pembelian material dalam kuantitas kecil		
	Kerusakan pada tahap pengiriman		
	Sulitnya akses menuju lokasi konstruksi		
	Pembelian material yang tidak sesuai dengan spesifikasi		
Penyimpanan	Ruang penyimpanan yang tidak pantas		
	Metode penyimpanan yang tidak tepat		
	Material berada sangat jauh dari titik pelaksanaan		
Penanganan	Material tidak terpakai		
	Material tidak memadai		
	Kecelakaan karena kelalaian		
	Kerusakan peralatan		
	Material yang tidak dikemas dengan baik		
	Material yang terkirim dalam keadaan tidak padat / kurang		
	Membuang / melempar material		
Fasilitas	Kurangnya fasilitas rencana untuk manajemen sisa material		
	Fasilitas yang direncanakan tidak sesuai dengan yang diperlukan		
Manajemen dan Perencanaan	Penundaan dalam penyampaian informasi jenis dan ukuran bahan serta komponen yang akan digunakan		
	Kurangnya kontrol di lapangan		
	Kurangnya pengawasan		

Sumber: Fajar, S (2005). *Evaluasi dan analisa sisa material*

konstruksi. <https://id.scribd.com/document/497241920/327189331-EVALUASI-DAN-ANALISA-SISA-MATERIAL-KONSTRUKSI>, p. 127

Dalam proyek konstruksi material bisa mengalami sisa hingga 10% dari material yang sudah direncanakan sebelum dibangun. Menurut Kim (1987) dijelaskan bahwa tingkat kehilangan atau kelebihan besi tulangan lebih banyak dibandingkan pada perencanaan yang selalu menggunakan ukuran tulangan yang sama berulang-ulang. Berikut Penyebab utama yang mempengaruhi banyaknya material besi beton yang sisa :

1. Pemesanan tulangan ke pabrik produksi besi baja yang kurang akurat dan tidak sesuai dengan “*bar schedule*”.

2. Material juga terbuang percuma ketika tulangan atau besi yang cukup panjang tidak digunakan lagi setelah dipotong yang menghasilkan sisa lebih banyak. Contoh pemotongan yang cukup efektif adalah pemotongan sebesar 0.6 meter, karena biaya pemotongan untuk tulangan dengan ukuran di bawah 0.6 meter akan lebih mahal. Penghematan dapat dicapai jika dilakukan perancangan tulangan dan pemilihan serta pengkombinasian ukuran tulangan dapat dilakukan sehingga tidak menghasilkan sisa ukuran yang terlalu panjang namun tidak bisa digunakan (Kim 1997).

3. Penelitian juga menunjukkan bahwa adanya kemungkinan 1 % *loss rate* jika dilakukan pemotongan tulangan tanpa mempertimbangkan bending margin.

4. Manajemen inventaris dari pemotongan dan pembengkokan tulangan juga berpengaruh pada pemotongan dan kualitas pekerja sub kontraktor

6. Kesalahan pada fabrikasi besi tulangan pada *lay out* dari mesin potong dan mesin pembengkok tulangan.

2.6 Pengelolaan Limbah Konstruksi

Limbah konstruksi mengacu pada material sisa yang dihasilkan selama proses konstruksi berjalan. Ini bisa termasuk beragam material seperti beton, batu bata, kayu, besi, logam, kaca, dan plastik. Limbah konstruksi juga bisa meliputi berbagai komponen bangunan seperti puing, genteng pecah, dan pipa bekas. Jenis-Jenis limbah konstruksi terdiri dari :

Limbah Berbahaya: Termasuk material beracun seperti cat berbasis timbal, asbestos, serta bahan kimia berbahaya lainnya.

Limbah Non-Berbahaya: Meliputi material seperti kayu, kertas, plastik, dan logam non-beracun.

Limbah Inert: Ini adalah material yang tidak mudah terurai dan tidak berinteraksi secara kimia, seperti beton, batu bata, dan keramik.

Limbah Organik: Termasuk sisa-sisa bahan organik seperti sisa makanan dari pekerjaan konstruksi atau *landscaping*.

Pengelolaan limbah konstruksi memiliki dampak penting yang meluas, diantaranya-Nya adalah untuk kesehatan masyarakat: Limbah berbahaya dapat membahayakan kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan benar. Pengelolaan yang buruk dapat menyebabkan masalah pernapasan, iritasi kulit, atau bahkan penyakit serius. Perlindungan Lingkungan: Limbah konstruksi yang tidak terkelola dapat mencemari air dan tanah, merusak ekosistem alam, dan mengganggu keseimbangan lingkungan. Efisiensi Proyek: Pengelolaan limbah yang baik membantu menjaga area konstruksi tetap teratur, memungkinkan pekerja bergerak dengan lebih efisien. Kepatuhan Hukum: Banyak daerah memiliki peraturan ketat terkait pengelolaan limbah konstruksi. Kepatuhan terhadap regulasi ini penting untuk menghindari masalah hukum. Pengelolaan Limbah konstruksi adalah langkah penting dalam menjaga kebersihan lingkungan dan mendukung berkelanjutan. Ada beberapa cara untuk melakukan pengelolaan limbah konstruksi :

1. Pemisahan di Sumber

Langkah awal yang krusial adalah memisahkan limbah konstruksi di sumbernya. Selama proses pekerjaan, pastikan bahwa limbah seperti beton, kayu, logam, dan plastik dipisahkan dan ditempatkan dalam wadah yang sesuai.

2. Identifikasi Limbah Berbahaya

Pastikan Anda mengidentifikasi limbah konstruksi yang bersifat berbahaya, seperti cat berbasis timbal, asbestos, atau bahan kimia beracun lainnya. Limbah semacam ini memerlukan perlakuan khusus dan tidak boleh dicampur dengan limbah non-berbahaya.

3. Daur Ulang dan Pemanfaatan

Sebisa mungkin, manfaatkan kembali limbah konstruksi. Beton dan batu bata dapat dihancurkan dan digunakan sebagai agregat dalam proyek baru. Ini membantu mengurangi kebutuhan akan bahan baru dan dampak lingkungan.

4. Pengelolaan Profesional

Jika memungkinkan, gunakan layanan pengelolaan limbah konstruksi yang profesional. Mereka memiliki pengetahuan dan peralatan untuk memproses limbah dengan benar, memastikan bahwa limbah tidak berakhir di tempat pembuangan ilegal.

5. Penyimpanan Aman

Pastikan limbah konstruksi yang dipisahkan disimpan dengan aman dan terhindar dari hujan atau cuaca ekstrem. Ini akan membantu mempertahankan kualitas limbah dan memfasilitasi proses pengelolaan lebih lanjut.

6. Transportasi yang Tepat

Jika Anda memutuskan untuk mengangkut limbah sendiri, pastikan kendaraan yang digunakan aman dan sesuai. Jangan melebihi kapasitas muatan dan pastikan limbah terikat dengan baik.

7. Pengolahan atau Pembuangan

Limbah konstruksi dapat diolah lebih lanjut, seperti penghancuran beton atau pemurnian material. Jika tidak memungkinkan, pastikan limbah dibuang di tempat pembuangan yang sah dan sesuai regulasi.

8. Kepatuhan Terhadap Regulasi

Pastikan bahwa seluruh langkah pengelolaan limbah konstruksi yang Anda lakukan sesuai dengan regulasi dan peraturan yang berlaku di daerah Anda.

9. Edukasi Tim Proyek

Seluruh tim proyek perlu diberikan edukasi tentang pentingnya pengelolaan limbah konstruksi yang baik. Mereka harus mengetahui langkah-langkah yang benar untuk memisahkan, mengangkut, dan mengelola limbah

10. Evaluasi dan Perbaikan

Setelah proyek selesai, lakukan evaluasi terhadap pengelolaan limbah yang telah dilakukan. Identifikasi area yang mungkin perlu perbaikan atau penyempurnaan di proyek berikutnya.

Limbah konstruksi adalah bagian yang tak terpisahkan dari proses konstruksi dan renovasi. Pengelolaan limbah ini bukan hanya tanggung jawab moral, tetapi juga memiliki implikasi kesehatan, lingkungan, dan legalitas yang serius. Dengan memahami pengertian limbah konstruksi dan jenis-jenisnya, kita dapat lebih baik dalam mengelola limbah ini dengan bijak dan bertanggung jawab.

Agar mencapai kinerja proyek konstruksi yang baik perlu adanya perencanaan yang matang. Perencanaan yang baik adalah dengan cara tindakan antisipasi atau preventif untuk meminimalkan kerugian dan mengurangi kesalahan-kesalahan pada proyek pada langkah-langkah perencanaan.

Menurut RJ. Mockler (1972) pengendalian merupakan usaha untuk menentukan standar yang sesuai dengan tujuan perencanaan serta merancang sistem informasi lalu membandingkan pelaksanaan dengan standar yang sudah ditetapkan lalu menganalisis penyimpangan antara pelaksanaan dengan standar lalu melakukan perbaikan supaya sumber daya digunakan secara

efektif dan efisien. Dilakukan analisis penyebab penyimpangan Lalu melakukan tindakan koreksi. Lalu kita ukur *performance* dan membandingkan dengan standar baku.

Pengendalian biaya berfungsi untuk menganalisis biaya yang timbul serta mengkoreksinya agar biaya tidak bengkak. Tujuannya adalah mendeteksi jika adanya penyelewengan biaya dan sebagai antisipasi agar memaksimalkan keuntungan pada suatu proyek (Halpin; 1998).

Ada beberapa prinsip agar pengendalian proyek berjalan lancar, yakni :

1. Mengumpulkan data dan menyusun anggaran yang realistis
3. Mengevaluasi anggaran sebelum dilaksanakan.
4. Membandingkan anggaran dengan aktual cost.
5. Mengenali penyebab dari gejala penyimpangan.
6. Mengalokasikan waktu dan biaya yang sesuai untuk setiap pekerjaan proyek.
7. Mempertimbangkan perubahan dari dampak biaya keseluruhan.

Menurut Warszawski (1982) tujuan dari sistem pengendalian biaya pada perusahaan konstruksi adalah :

1. Mengevaluasi keuntungan perusahaan proyek
2. Memperkirakan terjadinya penyimpangan antara anggaran dengan pelaksanaan
3. Efisiensi
4. Merekam informasi penggunaan sumber daya, biaya dan produktivitas

2.7 Manajemen material

Manajemen material menurut Dobler (1990), adalah perpaduan aktivitas dimana proses saat tahap pengadaan material sampai menjadi suatu produk . Manajemen Material adalah suatu manajemen untuk mengendalikan mutuan jumlah suatu barang fisik agar jumlah material dan penempatan peralatannya yang sesuai dengan kebutuhan (Bell and Stukhart 1986).

Manajemen material ti mencakup pembelian material dan pengangkutan, penentuan rute dan jenis transportasi yang digunakan, penggunaan material yang benar, dan penyimpanan barang, dokumentasi diperlukan apabila penerimaan selesai (Barrie 1993).

Manajemen material dalam aktivitas konstruksi bisa dilakukan dengan cara merencanakan penjadwalan material, melakukan pembelian dan pemeriksaan material serta melakukan penyimpanan material. Fungsi dari manajemen material yang baik menurut Bell dan Stukhart (1986) adalah agar naiknya produktivitas pekerja serta mengurangi pemesanan yang terlalu besar sehingga eningkatkan kinerja penyuplai material agar bisa memenuhi jadwal pelaksanaan

selain itu juga mengurangi kemungkinan material yang ditolak karena kualitas yang tidak sesuai spesifikasi

2.8 Tahapan Pengadaan dan Penyimpanan Material

Pengadaan material adalah tindakan antisipasi terhadap ketersediaan material di lapangan dengan cara membuat estimasi kebutuhan volume dan jenis material yang akan dipakai, membuat jadwal pengiriman material ke lokasi, menyiapkan dan menerbitkan surat perintah pembelian, lalu melaksanakan pembelian dengan pemesanan yang terencana terlebih dahulu.

Setiap material memiliki karakter yang berbeda sehingga perlu adanya penanganan penyimpanan. Sebagai contoh seperti semen perlu ditempatkan di tempat yang lembap, karena semen bisa mengeras. Hal-hal lain yang perlu diperhatikan saat penyimpanan material seperti Menyimpan material dengan rapi di gudang, mengatur arus masuk keluar barang harus diatur dengan baik dan memastikan bahwa barang yang disimpan dalam gudang mudah untuk dicari

2.9 Penanganan Material

Hal-hal yang perlu diperhatikan supaya kita bisa menangani material dengan baik adalah :

1. Menurunkan muatan material dengan hati-hati
2. Menerima dan memeriksa material untuk mencegah adanya kerusakan material
3. Melakukan penumpukan material dengan benar dan sesuai prosedur
4. Pemindahan material antar tempat harus dilakukan dengan hati-hati
5. Hindarilah menggunakan peralatan kerja yang durabilitasnya buruk
6. Pakailah teknologi mesin yang dikuasai tukang atau praktisi di lapangan, karena jika tidak maka tukang belum terbiasa dengan metode pada teknologi mesin atau alat yang digunakan yang bisa menimbulkan kesalahan-kesalahan dalam pemakaian material
7. Memeriksa perilaku para pekerja saat menangani barang karena sangat berpengaruh terhadap timbulnya sisa material di lapangan

2.10 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

	Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian

1	Dewi, P.W	2022	Analisis <i>waste material</i> besi tulangan pada struktur bertulang dengan metode <i>bar bending schedule</i> pada proyek Pembangunan Villa Q-canggu di kabupaten Badung	Sisa <i>waste</i> besi tulangan yang dihasilkan dengan metode <i>bar bending schedule</i> untuk pekerjaan balok dan kolom pada proyek Pembangunan vila adalah sebesar 5.53%, 3.04%, 4.54%, 5.47%, 5.66%, 1.23%, 0.86%, 4.27%, untuk setiap diameter dengan rata-rata <i>waste</i> 2.74% untuk semua tulangan
2	Devi, K	2021	Analisis dan evaluasi sisa material konstruksi pada proyek Pembangunan Gedung kuliah 4 lantai Universitas Muhammadiyah Riau	Jenis material yang banyak tersisa yaitu besi beton D16, D10, dan bisa menghasilkan <i>waste</i> sebanyak 2.9%, faktor yang menjadi penyebab sisa material yaitu metode pemasangan yang kurang tepat, kesalahan tenaga kerja, penggunaan material yang salah, pengukuran di lapangan tidak tepat.

Pada tabel 1.4, sumber penelitian pada poin pertama digunakan oleh peneliti dikarenakan kemiripannya dalam metode untuk menganalisis sisa *waste* yaitu dengan menggunakan metode *bar bending schedule*. Dari sini dapat diketahui selisih dari pembelian atau order, pemakaian aktual berdasarkan *bar bending schedule*, dan sisa nya atau *waste*. Di sini penelitian yang dilakukan oleh Dewi P.W (2022) lebih berfokus pada Analisa kuantitas saja, dan tidak memedulikan faktor-faktor yang menyebabkan *waste* tersebut terjadi, dan hal inilah yang akan coba disempurnakan oleh peneliti dalam analisis ini, yaitu juga mengetahui faktor penyebab terjadinya *waste* dan juga metode optimasinya.

Sumber penelitian pada poin kedua digunakan dikarenakan dari hasil analisa yang dilakukan Devi, K (2021), material yang menyebabkan *waste* terbanyak ialah besi beton. Perbedaannya dengan penelitian ini adalah penelitian tersebut menganalisis komponen-komponen struktur yang lainnya juga sedangkan dalam penelitian ini hanya berfokus kepada besi beton saja. Namun secara garis besar tujuan dan cara penelitian, penelitian ini berkaitan satu sama lain.