

ANALISIS SISA MATERIAL BESI TULANGAN PADA PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

Jabbar Baginda Negara

S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
jabbar.bagindanegara_xi@yahoo.com

Mas Suryanto H.S

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Material besi tulangan pada proyek konstruksi sering menimbulkan waste yang dapat merugikan kontraktor. *Reduce, reuse, recycle*, dan *salvage* merupakan tindakan-tindakan yang dapat dilakukan untuk penanganan limbah konstruksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penyebab sisa material besi tulangan yang paling sering terjadi dan mengetahui bentuk penanganan yang paling sering dilakukan oleh kontraktor dalam meminimalisir sisa material besi tulangan.

Penelitian ini menggunakan survei kuesioner tertutup, dimana seluruh pertanyaan kuesioner didapatkan dari penelitian terdahulu dan *pilot study* dengan kontraktor. Survei dilakukan pada kontraktor di daerah Surabaya dengan menyebarkan kuesionernya di proyek atau di kantor kontraktor sebanyak 30 kontraktor. Setelah mendapatkan seluruh datanya maka dihitung bobot nilai tiap-tiap item pertanyaannya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab sisa material besi tulangan yang sering terjadi adalah sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi dan bentuk penanganan yang paling sering dilakukan oleh kontraktor dalam meminimalisir sisa material besi tulangan adalah tindakan pencegahan (*reduce*) yakni penerapan metode konstruksi yang efisien.

Kata Kunci: material, sisa, besi tulangan, konstruksi

Abstract

Steel reinforcement material in construction projects often leads to waste that may be detrimental to the contractor. Reduce, reuse, recycle, and salvage are actions that can be done to handling construction waste. This study was conducted to determine the most frequent causes of waste of steel reinforcement materials and find out the most frequent form of treatment carried out by the contractor in minimizing the waste of the steel reinforcement material.

This study used a closed questionnaire survey, where all questionnaire questions were obtained from previous studies and pilot studies with contractors. The survey was conducted on contractors in the Surabaya area by distributing questionnaires to the project or at the contractor's office by 30 contractors. After getting the entire data then computed weighted value of each item question.

The results showed that the most frequent causes the waste of steel reinforcement are the waste of cutting material cannot be used again and the most often form of treatment carried out by contractors in minimize the waste of steel reinforcement materials was a precautionary measure (reduce) the efficiency application of the construction method.

Keywords: Material, waste, steel reinforcement, construction

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada setiap pekerjaan konstruksi bangunan memiliki banyak aspek penting, salah satunya adalah material. Material merupakan bahan yang digunakan sebagai penyusun struktur bangunan. Ketersediaan material menjadi kunci penting dalam setiap pelaksanaan proyek, akan tetapi pada setiap pelaksanaan proyek konstruksi bangunan, kemunculan sisa material tidak akan bisa dihindari, terjadinya sisa material dapat memberikan dampak negatif bagi proyek khususnya pada sektor biaya. Terutama pada material besi tulangan, penggunaan besi

tulangan sering menimbulkan sisa yang tidak menentu jumlahnya.

Mengenai berapa besaran waste itu sendiri, belum pernah diteliti secara spesifik di Indonesia. Sebagai gambaran, diberikan data suatu penelitian yang dilakukan oleh Formoso, C.T. dalam Journal of Construction Engineering and Management (2002), nilai waste dapat mencapai >25%. Suatu nilai yang tidak terduga yang pasti akan membuat biaya pelaksanaan proyek naik cukup tinggi. Umumnya dalam proyek gedung, material besi beton merupakan material yang memiliki prosentase terhadap biaya tertinggi yaitu berkisar 20%-25% (Suanda,2011). Sehingga perhatian terhadap waste besi tulangan ini layak dilakukan.

Banyak faktor, sumber, penyebab terjadinya sisa material di lapangan dan para kontraktor masing-masing memiliki bentuk penanganan untuk mengurangi atau mencegah sisa besi tulangan tersebut. Bentuk penanganan sisa material yang paling efektif adalah seperti halnya penanganan sampah lainnya dengan 3R yakni Reduce, Reuse, Recycle dan Salvage. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab apa yang paling sering menimbulkan sisa material besi tulangan dan bentuk penanganan yang dilakukan oleh kontraktor dalam menangani sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi. Survey ini dilakukan pada kontraktor di daerah Surabaya dengan menyebarkan kuesioner. Kuesioner sumber penyebab sisa material konstruksi dan bentuk penanganan didapat dengan mengembangkan teori dan penelitian yang sudah pernah dilakukan.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa penyebab yang paling sering menimbulkan sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi bangunan gedung?
2. Bagaimana penanganan sisa besi tulangan pada proyek konstruksi bangunan gedung?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui penyebab yang paling sering menimbulkan sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi bangunan gedung.
2. Untuk mengetahui bentuk penanganan yang paling sering dilakukan kontraktor dalam menangani sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi bangunan gedung.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan sumbangan pemikiran yang cukup signifikan sebagai masukan pengetahuan atau literatur ilmiah yang dapat dijadikan bahan kajian bagi para insan akademik, khususnya mengenai penyebab dan penanganan sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi bangunan gedung.
2. Dapat mengetahui penyebab yang paling sering menimbulkan sisa material besi tulangan dan juga usaha yang paling sering dilakukan kontraktor dalam penanganan sisa material besi tulangan.
3. Dengan hasil penelitian ini diharapkan dapat merancang sistem yang lebih baik agar dapat

meminimalisir sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi bangunan gedung sehingga tidak terjadi pembengkakan biaya

E. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini memiliki batasan masalah yakni:

1. Penanganan sisa material besi tulangan dilakukan sebelum dan sesudah sisa tersebut terjadi.
2. Penelitian yang dilakukan dibatasi kontraktor yang berada di Surabaya.

KAJIAN PUSTAKA

A. Material

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

B. Sisa Material

Franklin (1998) berpendapat bahwa sisa material (material waste) yang dihasilkan dari proyek konstruksi merupakan material yang sudah tidak digunakan lagi yang dihasilkan dari proses konstruksi, perbaikan atau perubahan serta suatu ketidaksengajaan yang tidak dapat langsung dipergunakan pada tempat tersebut tanpa adanya suatu perlakuan lagi. Sisa material adalah material yang berlebihan atau material yang sudah selesai digunakan, termasuk yang dapat digunakan kembali, dapat didaur ulang, dapat dikembalikan ke supplier, dan dapat di buang ke tempat yang dapat digunakan oleh orang lain.

C. Klasifikasi Sisa Material Konstruksi

Construction Waste menurut Skoyles 1976 dapat digolongkan kedalam dua kategori berdasarkan tipenya yaitu: *direct waste* dan *indirect waste*.

1. *Direct waste* adalah sisa material yang timbul di proyek karena rusak dan tidak dapat digunakan lagi yang terdiri dari *transport delivery waste, site storage waste, conversion waste, fixing waste, cutting waste, application & residu waste, criminal waste, wrong use waste, management waste*.
2. *Indirect waste* adalah sisa material yang terjadi dalam bentuk sebagai suatu kehilangan biaya (*moneter loss*), terjadi kelebihan pemakaian volume material dari yang direncanakan, dan tidak terjadi sisa material secara fisik di lapangan. *Indirect waste* ini dapat dibagi atas tiga jenis yaitu *substitution waste, production waste, negligence waste*.

D. Sumber dan Penyebab Sisa Material Konstruksi

Hasil Penelitian Bossink dan Brouwers (1996) di Belanda, menyimpulkan sumber dan penyebab terjadinya sisa material konstruksi berdasarkan kategori yang telah dibuat oleh Gavilan dan Bernold (1994) tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Sumber dan Penyebab Sisa Material Konstruksi (Bossink, 1996).

Sumber	Penyebab
Desain	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan pada dokumen kontrak - Ketidaklengkapan dokumen kontrak - Perubahan desain - Memilih spesifikasi produk - Memilih produk yang berkualitas rendah - Kurang memperhatikan ukuran dari produk yang digunakan - Desainer tidak mengenal dengan baik jenis-jenis produk yang lain - Pendetailan gambar yang rumit - Informasi gambar yang kurang - Kurang berkoordinasi dengan kontraktor dan kurang berpengetahuan tentang konstruksi
Pengadaan Material	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan pemesanan, kelebihan, kekurangan, dsb - Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil - Pembelian material yang tidak sesuai dengan spesifikasi - Pemasok mengirim barang tidak sesuai spesifikasi - Pengepakan kurang baik menyebabkan terjadi kerusakan dalam perjalanan
Penanganan Material	<ul style="list-style-type: none"> - Kerusakan akibat transportasi ke/di lokasi proyek - Penyimpanan yang keliru menyebabkan kerusakan - Material yang tidak dikemas dengan baik - Membuang/melempar material - Material yang terkirim dalam keadaan tidak padat/kurang - Penanganan yang tidak hati-hati pada saat pembongkaran material untuk dimasukkan ke dalam gudang
Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja - Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik - Cuaca yang buruk

Sumber	Penyebab
	<ul style="list-style-type: none"> - Kecelakaan pekerja di lapangan - Penggunaan material yang salah sehingga perlu diganti - Metode untuk menempatkan pondasi - Jumlah material yang dibutuhkan tidak diketahui karena perencanaan yang tidak sempurna - Informasi tipe dan ukuran material yang akan digunakan terlambat disampaikan kepada kontraktor - Kecerobohan dalam mencampur, mengolah dan menggunakan material kerja yang tidak akurat, dll - Pengukuran dimensi yang tidak akurat sehingga terjadi kelebihan volume
<i>Residual</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi - Kesalahan pada saat memotong material - Kesalahan pemasangan barang karena tidak menguasai spesifikasi - Pengepakan - Sisa material karena proses pemakaian
Lain-lain	<ul style="list-style-type: none"> - Kehilangan akibat pencurian - Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material

E. Besi Tulangan

Pemadatan Besi Tulangan adalah baja berbentuk batang berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip yang digunakan untuk penulangan beton, yang diproduksi dari bahan baku billet dengan cara canai panas (hot rolling) (SNI 2052:2014). Berdasarkan jenisnya menurut SNI 2052:2014 sebagai berikut:

- a. Baja tulangan beton polos (BjTP)
Baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip.
- b. Baja tulangan beton sirip (BjTS)
Baja tulangan beton dengan bentuk khusus yang permukaannya memiliki sirip melintang dan memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton.

F. Penyebab Sisa Material Besi Tulangan

Menurut Kim 2004 Jumlah material yang hilang/sisa/waste bisa mencapai 3-10% dari jumlah material pada tahap bidding, pada negara yang belum menggunakan tulangan dalam bentuk kumparan. Kim (1987) menunjukkan bahwa tingkat kehilangan besi

tulangan dari suatu proyek konstruksi lebih banyak dibandingkan pada bangunan yang cenderung menggunakan panjang dan ukuran tulangan yang sama berulang-ulang.

Penyebab utama yang mempengaruhi banyaknya material sisa adalah sebagai berikut:

- a. Pemesanan tulangan pada pabrik baja yang tidak akurat dan sesuai dengan konstruksi dan “*bar schedule*” serta tidak memperhatikan tulangan surplus dari proses konstruksi.
- b. Material juga terbuang percuma ketika tulangan dengan panjang 2-3 meter tidak digunakan lagi setelah dipotong. Yang paling efektif adalah jika panjang pemotongan minimal 1 meter, karena biaya pemotongan unuk tulangan dengan ukuran dibawah 1 meter akan lebih mahal. Penghematan sampai sebesar 1 % dapat dicapai jika dilakukan perancangan tulangan dengan mempertimbangkan gambar struktur, dan pemilihan dan pengkombinasian ukuran tulangan yang tepat dapat dilakukan sehingga tidak menghasilkan sisa lebih dari 1 m. (Kim 1997)
- c. Penelitian juga menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya 1 % *loss rate* jika dilakukan pemotongan tulangan tanpa mempertimbangkan *bending margin*.
- d. Salah satu yang paling sering terjadi adalah kegagalan dari manajemen inventaris dari pemotongan dan pembengkokan tulangan.
- e. Kualitas pekerjaan tulangan yang tidak terkontrol.
- f. Kesalahan manajemen pada fabrikasi besi tulangan dan lay out dari mesin potong dan mesin pembengkok/bending tulangan.
- g. Kualitas pekerja yang diperkerjakan oleh sub kontraktor

G. Pengelolaan Limbah Konstruksi

Pengelolaan limbah konstruksi dapat dilakukan dengan menerapkan langkah-langkah reduce, reuse, recycle, maupun salvage terhadap limbah itu sendiri (Putra et al, 2018).

Upaya-upaya yang dilakukan untuk meminimalkan dan menangani sisa material telah dibuat oleh Putra, dkk (2018) tercantum pada Tabel 2.2.

Tabel 2.4. Upaya Yang Dilakukan Untuk Meminimalkan dan Menangani Sisa Material (Putra et al, 2018)

Klasifikasi	Pernyataan
<i>Reduce</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Optimalisasi penggunaan material - Penerapan metoda konstruksi yang efisien

Klasifikasi	Pernyataan
	<ul style="list-style-type: none"> - Peningkatan akurasi estimasi dan pemesanan - Komunikasi dalam rapat untuk usaha mengurangi sisa material - Estimasi tipe dan kuantitas sisa material yang akan dihasilkan - Pengontrolan ketepatan jumlah material yang dikirim ke proyek - Akurasi identifikasi material - Tempat penyimpanan material yang tahan terhadap cuaca - Pengaturan letak dan tumpukan material di tempat penyimpanan - Pelatihan kepada pekerja dalam penggunaan peralatan seefisien mungkin - Pencatatan material yang dapat digunakan kembali, dapat didaur ulang atau menjadi sisa sampah - Pengaturan jadwal pengiriman material - Penyediaan area pemotongan material - Kerjasama dengan supplier untuk membeli kelebihan material - Adanya referensi supplier dan pihak pendaur ulang - Jarak pemindahan/perjalanan dari raw material menuju lokasi proyek - Penggunaan alternatif bahan bakar ramah lingkungan sebagai pengganti diesel atau solar pada saat transportasi material - Pengefisienan kemasan - Pemilihan material dengan kemasan minimal atau tanpa kemasan
<i>Reuse</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pemanfaatan sisa material yang <i>salvageable</i> - Pemanfaatan material dekonstruksi - Pengalokasian untuk proyek mendatang

Klasifikasi	Pernyataan
<i>Recycle</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Upcycle</i>, meningkatkan nilai jika dibandingkan dengan produksi sebelumnya - <i>Recycle</i>, bernilai sama jika dibandingkan dengan produksi sebelumnya - <i>Downcycle</i>, menurunkan nilai jika dibandingkan dengan produksi sebelumnya
<i>Salvage</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Pemandahan sisa material yang bernilai oleh <i>salvage company</i>. (Dijual) - Sisa material disumbangkan kepada organisasi amal - Pekerja diizinkan mengambil sisa material yang <i>salvageable</i>

H. Manajemen Material

Menurut Dobler (1990), manajemen material merupakan perpaduan dari berbagai aktivitas yang cara pelaksanaannya menerapkan manajemen terpadu, dimana prosesnya dimulai sejak tahap pengadaan material sampai diolah menjadi suatu bahan yang siap pakai. Dalam proyek konstruksi, manajemen material umumnya meliputi tahap pengadaan, penyimpanan, penanganan dan pemakaian material.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah survei dengan kuesioner. Penelitian survei diaplikasikan guna mengoleksi informasi maupun data mengenai populasi yang besar dengan memakai sampel yang relatif kecil.

B. Rancangan Penelitian

Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dan maksimal maka penelitian ini harus dirancang sebaik mungkin, rancangan penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan masalah penelitian dan menentukan tujuan survei. Peneliti menentukan sebuah judul yang sesuai dengan masalah yang hendak dibahas, yakni “Analisis sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi bangunan gedung”, yang dimana tujuan penelitiannya adalah mengetahui penyebab yang paling sering menimbulkan sisa material besi tulangan dan upaya-upaya yang paling sering dilakukan kontraktor dalam meminimalkan dan menangani sisa material besi tulangan.
2. Menggali kepustakaan tentang berbagai macam kegiatan atau aktivitas yang menyebabkan sisa

material besi tulangan dan berbagai bentuk/upaya penanganan untuk menangani sisa material besi tulangan dari jurnal-jurnal penelitian yang terkait dengan penelitian ini, dan *pilot study* dengan kontraktor yang bertujuan untuk mendapatkan penjelasan yang lebih dalam.

3. Pembuatan kuesioner berdasarkan kepustakaan dan *pilot study* yang telah dirangkum yang disesuaikan dengan tujuan penelitian.
4. Pekerjaan lapangan, pengambilan sampel sebanyak 30 kontraktor di daerah Surabaya (penyebaran kuesioner).
5. Pengolahan data
6. Analisis untuk mengetahui persentase jawaban dari responden
7. Kesimpulan

C. Lokasi Penelitian

Lokasi yang peneliti ambil untuk penelitian ini adalah perusahaan kontraktor dan proyek bangunan gedung yang berada di daerah Surabaya.

D. Populasi dan Sampel

Untuk mendapatkan data penelitian maka harus diketahui populasi dan sampelnya terlebih dahulu.

1. Populasi
Populasi yang penulis gunakan sebagai objek penelitian adalah kontraktor yang berada di daerah Surabaya.
2. Sampel
Penetapan sampel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan jenis metode random sampling. Teknik sampling ini diberi nama demikian karena di dalam pengambilan sampelnya, peneliti “mencampur” subjek-subjek di dalam populasi sehingga semua subjek-subjek dalam populasi dianggap sama. Jumlah sampelnya adalah sebanyak 30 kontraktor.

E. Variabel dan Definisi Operasional

1. Variabel
Ada 2 jenis variabel pada penelitian ini yakni sebagai berikut:
 - a. Variabel bebas
 - 1.) Penyebab sisa material besi tulangan
 - 2.) Penanganan sisa material besi tulangan
 - b. Variabel Terikat
 - 1.) Sisa Material

2. Definisi Operasional

Berdasarkan variabel penelitiannya maka definisi operasionalnya adalah sebagai berikut:

- a. Penyebab sisa material besi tulangan adalah hal-hal kegiatan/aktivitas dari berbagai macam sumber yang menyebabkan sisa pada material besi tulangan pada tahap Desain, Pengadaan Material, Penanganan Material dan Pelaksanaan.
- b. Penanganan sisa material besi tulangan adalah upaya yang dilakukan oleh kontraktor untuk meminimalkan dan menangani sisa material besi tulangan yang dilakukan sebelum dan sesudah sisa material itu terjadi yang terdiri dari *Reduce, Reuse, Recycle, dan Salvage*.
- c. Sisa material adalah limbah konstruksi yang merugikan kontraktor yang disebabkan oleh berbagai macam aktivitas/kegiatan pada tahap Desain, Pengadaan Material, Penanganan Material, dan Pelaksanaan, akan tetapi dapat diminimalisir dan ditangani dengan upaya *Reduce, Reuse, Recycle, dan Salvage*.

F. Instrumen Penelitian

Bentuk instrumen dalam penelitian ini adalah angket atau kuesioner. Kuesioner yang digunakan peneliti adalah kuesioner tertutup, dengan pertanyaan-pertanyaan mengenai sumber penyebab sisa material besi tulangan dan bentuk penanganan sisa material besi tulangan didapatkan dan diadopsi berdasarkan jurnal-jurnal dan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan seperti Gavilian-Bernold, Bossink-Brouwers, Ekanayake-Ofori, Putra et al, dan Dobler yang dirangkum dengan baik dan disesuaikan dengan tujuan penelitian. Tujuan digunakannya instrumen penelitian ini adalah untuk mendapatkan data penyebab yang paling sering menyebabkan sisa material besi tulangan dan penanganan yang paling sering dilakukan kontraktor dalam menangani sisa material besi tulangan.

Berikut adalah pertanyaan-pertanyaan pada kuesioner penelitian ini

1. Penyebab Sisa Material Besi Tulangan

Pertanyaan mengenai penyebab sisa material besi tulangan dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1. Pernyataan Penyebab Sisa Material Besi Tulangan

No.	Penyebab Sisa Material Besi Tulangan
A.	Desain
1.	Perubahan disain pada saat konstruksi berlangsung
2.	Informasi gambar yang kurang
3.	Dokumen kontrak yang keliru/tidak komplit

No.	Penyebab Sisa Material Besi Tulangan
4.	Perencanaan menggunakan produk berkualitas rendah (semisal tidak produk SNI)
B.	Pengadaan Material
5.	Kelebihan pemesanan
6.	Pembelian material yang tidak sesuai dengan spesifikasi
7.	Pemasok mengirim barang tidak sesuai spesifikasi
C.	Penanganan Material
8.	Kerusakan selama transportasi ke/di lokasi proyek
9.	Penyimpanan yang keliru menyebabkan kerusakan
10.	Sikap atau tindakan tim proyek dan pekerja yang tidak ramah / kasar
D.	Pelaksanaan
11.	Kesalahan pada saat memotong atau membengkokkan material
12.	Peralatan tidak berfungsi dengan baik
13.	Jumlah material yang dibutuhkan tidak jelas karena perencanaan yang tidak jelas/tidak sempurna
14.	Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi

2. Penanganan Sisa Material Besi Tulangan

Pertanyaan mengenai penanganan sisa material besi tulangan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Pernyataan Penanganan Sisa Material Besi Tulangan

No.	Penanganan Sisa Material Besi Tulangan
A.	Reduce
1.	Pengawasan intensif dan berkala saat pelaksanaan pekerjaan
2.	Penerapan metode konstruksi yang efisien
3.	Peningkatan akurasi estimasi kebutuhan material dan pemesanan material
4.	Komunikasi dalam rapat untuk usaha mengurangi sisa material
5.	Estimasi kuantitas sisa material yang akan dihasilkan
6.	Pengontrolan ketepatan jumlah material yang dikirim ke proyek
7.	Melakukan penurunan, penempatan dan penumpukan material dengan baik dan benar
8.	Tempat penyimpanan material yang tahan terhadap cuaca
9.	Pelatihan kepada pekerja dalam penggunaan peralatan seefisien mungkin
10.	Pengaturan jadwal pengiriman material

No.	Penanganan Sisa Material Besi Tulangan
11.	Adanya referensi supplier (terutama yang bonafiditas) dan pihak pendaur ulang
12.	Kerjasama dengan supplier untuk membeli kelebihan material
B.	Reuse
13.	Pemanfaatan sisa material yang salvageable
14.	Pengalokasian untuk proyek mendatang
C.	Recycle
15.	Di daur ulang ke pabrik (Recycle, Upcycle, Downcycle).
D.	Salvage
16.	Dijual
17.	Sisa material disumbangkan kepada organisasi amal
18.	Pekerja diizinkan mengambil sisa material yang salvageable

G. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan oleh peneliti dalam penelitian ini adalah angket (kuesioner). Kuesioner yang digunakan peneliti adalah kuesioner tertutup, karena pertanyaan-pertanyaan kuesioner sudah didapatkan dari buku dan jurnal penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini dan responden tinggal memilih jawaban yang telah disediakan. Kuesioner ini disebarakan kepada 30 kontraktor yang berada di daerah Surabaya. Dalam hal ini lebih diutamakan responden pada bagian yang berhubungan di lapangan seperti *project manager, supervisor*, pelaksana dsb, untuk pengisiannya responden tinggal memilih jawaban yang telah disediakan karena ini adalah kuesioner tertutup

Cara penyebaran kuesionernya adalah dengan menelepon kontraktor yang berkaitan dan mendatanginya dan juga dapat dengan berkeliling mencari proyek atau kantor kontraktor dengan menggunakan transportasi seperti sepeda motor, setelah menemukan proyek atau kantornya peneliti mendatangi responden tersebut. Peneliti meminta izin untuk melakukan kuesioner penelitian dan menjelaskan tentang tujuan penelitian, setelah itu langsung memberikan selebaran kuesionernya untuk diisi oleh pihak kontraktornya dan peneliti pun dapat menunggu dan bertanya-tanya hingga responden menyelesaikannya atau juga dapat meninggalkan kuesioner tersebut untuk diambil beberapa hari kemudian sesuai waktu yang ditetapkan oleh responden, hal-hal tersebut tergantung permintaan dari tiap-tiap responden.

Skala pengukuran dalam penelitian ini adalah masing-masing dibuat dengan menggunakan skala 1–5 kategori jawaban, yang masing-masing jawaban diberi *score* atau bobot yaitu banyaknya score antara 1 sampai 5, dengan rincian:

1. Jawaban SS sangat sering/selalu diberi skor 5.
2. Jawaban S sering diberi skor 4.
3. Jawaban KK kadang-kadang diberi skor 3.
4. Jawaban J jarang diberi skor 2.
5. Jawaban TP tidak pernah diberi skor 1

H. Teknik Analisis Data

Tahap-tahap pengolahan data hasil penelitian tersebut adalah:

1. Pemeriksaan akan kelengkapan jawaban.
2. *Tally*, yaitu menghitung jumlah skor pada setiap item pernyataan
3. Menghitung bobot nilai pada masing-masing item pernyataan pilihan responden berdasarkan rumus sebagai berikut (Sugiono, 2012):

$$p = \frac{f}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

p : Persentase

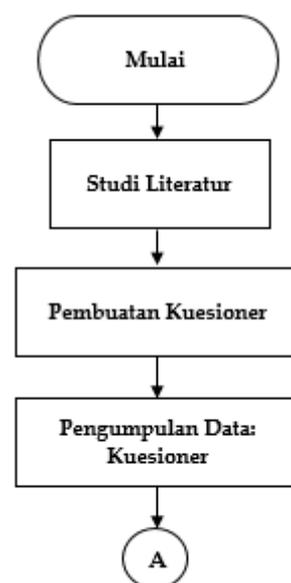
f : Frekuensi dari setiap jawaban (jumlah responden pemilih dikali nilai skala item jawaban)

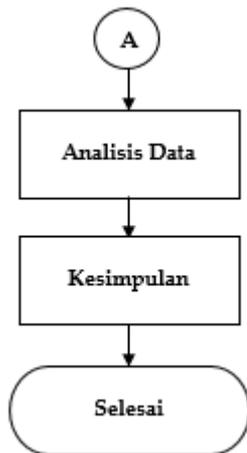
n : Jumlah skor tertinggi (jumlah total responden dikali nilai tertinggi item jawaban)

4. *Rating*, mengurutkan persentase bobot jawaban dari yang tertinggi hingga terendah dari setiap item pertanyaan jawaban kuesioner.
5. Kesimpulan, dari *rating* jawaban akan dapat diketahui penyebab yang paling sering terjadi, dan bentuk penanganan sisa material yang paling sering dilakukan oleh kontraktor.

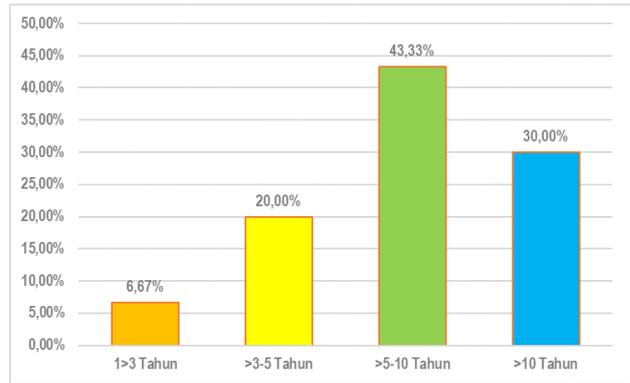
I. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir penelitiannya:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

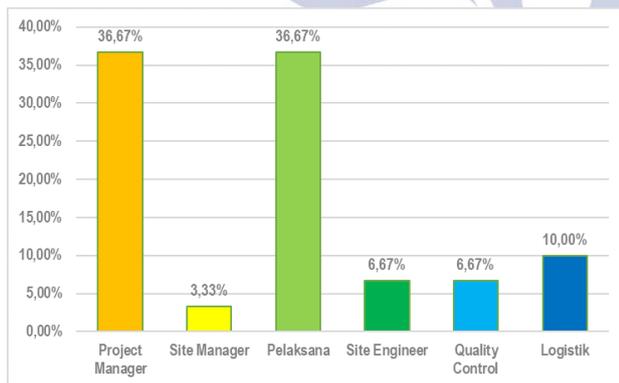


Gambar 4.2. Lama Bekerja Responden

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identitas Responden

Jumlah seluruh respondennya adalah 30 kontraktor. Responden yang mengisi kuesioner dalam penelitian ini dianalisis berdasarkan jabatan dan lama bekerja. Responden kategori jabatan dalam kuesioner ini terdiri dari project manager sebanyak 36,67%, site manager sebanyak 3,33%, pelaksana sebanyak 36,67%, site engineer sebanyak 6,67%, quality control sebanyak 6,67%, dan logistik sebanyak 10%. Jabatan responden dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1. Jabatan Responden

Dan responden untuk kategori lama bekerja dalam kuesioner ini terdiri dari 1>3 tahun sebanyak 6,67%, 3>5 tahun sebanyak 20%, 5>10 tahun sebanyak 43,33% dan >10 tahun sebanyak 30%. Lama bekerja responden dapat dilihat pada Gambar 4.2.

B. Penyebab Sisa Material Besi Tulangan

Perhitungan mengenai seluruh penyebab sisa material besi tulangan yang sering terjadi dihitung berdasarkan rumus (Sugiono, 2012), dan berikut perhitungan Sisa Pemotongan Material Tidak Dapat Dipakai Lagi:

- Jumlah responden yang memilih dikalikan dengan nilai setiap item alternatif jawaban.

Tidak pernah	: 0 x 1 = 0
Jarang	: 0 x 2 = 0
Kadang-kadang	: 1 x 3 = 3
Sering	: 17 x 4 = 68
Sangat Sering	: 12 x 5 = 60
- Perhitungan jumlah skor total (f)

$$f = 0 + 0 + 3 + 68 + 60 = 131$$
- Skala jawaban tertinggi dikalikan seluruh jumlah responden (n)

$$n = 5 \times 30 = 150$$
- Perhitungan persentase bobot (p)

$$p = 131/150 \times 100\% = 87,33\%$$

C. Penanganan Sisa Material Besi Tulangan

Sama halnya dengan penyebab, berikut perhitungan Penerapan Metode Konstruksi Yang Efisien:

- Jumlah responden yang memilih dikalikan dengan nilai setiap item alternatif jawaban.

Tidak pernah	: 0 x 1 = 0
Jarang	: 0 x 2 = 0
Kadang-kadang	: 1 x 3 = 3
Sering	: 19 x 4 = 76
Sangat Sering	: 10 x 5 = 50
- Perhitungan jumlah skor total (f)

$$f = 0 + 0 + 3 + 76 + 50 = 129$$
- Skala jawaban tertinggi dikalikan seluruh jumlah responden (n)

$$n = 5 \times 30 = 150$$
- Perhitungan persentase bobot (p)

$$p = 129/150 = 86\%$$

D. Hasil *Rating* Penyebab Sisa Material Besi Tulangan

Dari perhitungan dan penilaian yang sudah dilakukan, maka dapat di-*rating* dari prosentase tertinggi hingga terendah, dari semua itu dapat diketahui penyebab yang paling sering menimbulkan sisa material besi tulangan. Hasil *rating* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil *Rating* Penyebab Sisa Material Besi Tulangan

No.	Penyebab sisa besi tulangan	Persentase	Ranking
1.	Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi	87,33%	1
2.	Perubahan disain pada saat konstruksi berlangsung	75,67%	2
3.	Kelebihan pemesanan	66,00%	3
4.	Kesalahan pada saat memotong atau membengkokkan material	58,67%	4
5.	Informasi gambar yang kurang	57,33%	5
6.	Dokumen kontrak yang keliru/tidak komplit	50,00%	6
7.	Peralatan tidak berfungsi dengan baik	45,33%	7
8.	Jumlah material yang dibutuhkan tidak jelas karena perencanaan yang tidak jelas/tidak sempurna	41,33%	8
9.	Penyimpanan yang keliru menyebabkan kerusakan	40,67%	9
10.	Pemasok mengirim barang tidak sesuai spesifikasi	38,67%	10
11.	Sikap atau tindakan tim proyek dan pekerja yang tidak ramah / kasar	38,67%	11
12.	Pembelian material yang tidak sesuai dengan spesifikasi	35,33%	12

No.	Penyebab sisa besi tulangan	Persentase	Ranking
13.	Kerusakan selama transportasi ke/di lokasi proyek	34,67%	13
14.	Perencanaan menggunakan produk berkualitas rendah (semisal tidak produk SNI)	34,00%	14

Penyebab yang paling sering menimbulkan sisa material besi tulangan adalah pada saat pelaksanaan proyek yang dimana sisa-sisa pemotongan besi tulangan tidak dapat dipakai lagi dengan kata lain potongan ini sudah berukuran kecil dan tidak dapat digunakan untuk fungsi lain, selain itu para pekerja dilapangan juga sering mengalami kesalahan pada saat memotong atau membengkokkan besi tulangan yang berakibat ukuran-ukuran tersebut tidak presisi sesuai detail gambar struktur yang menimbulkan sisa material besi tulangan.

Selain dari pelaksanaan dari segi perencanaan juga mengalami hal tersebut yang dimana kurang baiknya dan ketidaksempurnaan perencanaan oleh konsultan perencana dapat mengakibatkan sisa material besi tulangan yang membuat resah para kontraktor seperti halnya perubahan desain pada saat konstruksi berlangsung, informasi gambar yang kurang detail/lengkap dan dokumen kontrak yang kurang/tidak komplit.

Tidak kalah menariknya juga pada segi pemesanan, pada umumnya jumlah kebutuhan material yang dibutuhkan sudah terencana dengan baik akan tetapi para kontraktor tidak mungkin memesan dengan jumlah yang sama dengan perencanaan, dengan kata lain selalu melebihi kebutuhan material tersebut agar selalu memiliki cadangan dikala ada kerusakan atau kecacatan material di lapangan, ini adalah langkah yang baik dan positif, akan tetapi sisi negatifnya adalah melebihi pemesanan yang dilakukan oleh para kontraktor juga sering membuat material besi tulangan tersebut menjadi sisa karena jumlah yang terlalu banyak

E. Hasil *Rating* Penanganan Sisa Material Besi Tulangan

Dari perhitungan dan penilaian yang sudah dilakukan, maka dapat di-*rating* dari prosentase tertinggi hingga terendah, dari semua itu dapat diketahui penanganan yang paling sering dilakukan oleh kontraktor untuk menangani sisa material besi tulangan. Hasil *rating* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Rating Penanganan Sisa Material Besi Tulangan

No.	Penanganan sisa besi tulangan	Persentase	Ranking
1.	Penerapan metode konstruksi yang efisien	86,00%	1
2.	Pengontrolan ketepatan jumlah material yang dikirim ke proyek	85,33%	2
3.	Peningkatan akurasi estimasi kebutuhan material dan pemesanan material	84,67%	3
4.	Melakukan penurunan, penempatan dan penumpukan material dengan baik dan benar	84,67%	4
5.	Pengawasan intensif dan berkala saat pelaksanaan pekerjaan	84,00%	5
6.	Komunikasi antar personil dalam/tidak dalam rapat untuk usaha mengurangi sisa material	82,00%	6
7.	Pengaturan jadwal pengiriman material	81,33%	7
8.	Tempat penyimpanan material yang tahan terhadap cuaca	80,00%	8
9.	Estimasi kuantitas sisa material yang akan dihasilkan	79,33%	9
10.	Pemanfaatan sisa material yang <i>salvageable</i>	75,33%	10
11.	Pengalokasian untuk proyek mendatang	70,00%	11
12.	Pelatihan kepada pekerja dalam penggunaan peralatan seefisien mungkin	68,00%	12
13.	Dijual	68,00%	13
14.	Adanya referensi supplier (terutama	56,67%	14

No.	Penanganan sisa besi tulangan	Persentase	Ranking
	yang bonafiditas) dan pihak pendaur ulang		
15.	Kerjasama dengan supplier untuk membeli kelebihan material	47,33%	15
16.	Di daur ulang ke pabrik (<i>Recycle, Upcycle, Downcycle</i>).	31,33%	16
17.	Sisa material disumbangkan kepada organisasi amal	27,33%	17
18.	Pekerja diizinkan mengambil sisa material yang <i>salvageable</i>	24,67%	18

Bentuk-bentuk penanganan yang dilakukan oleh kontraktor untuk meminimalisir sisa material besi tulangan terbilang sudah baik, karena mereka selalu menerapkan kegiatan dan aktifitas pencegahan (*reduce*) setiap kali melaksanakan proyek seperti halnya menerapkan metode konstruksi yang efisien, pengontrolan jumlah material, estimasi kebutuhan dan pemesanan material, melakukan penanganan material dengan baik, pengawasan intensif disaat pelaksanaan proyek, dan sebagainya.

Para kontraktor juga menerapkan kegiatan dan aktifitas (*reuse*) yakni selalu memanfaatkan sisa-sisa potongan yang memang masih dapat digunakan kembali, seperti potongan besi tersebut berukuran lebih dari 50 cm maka sisa besi tersebut masih dapat digunakan kembali untuk begel, terkadang sisa-sisa potongan tersebut terabaikan namun para kontraktor lebih memilih menggunakannya kembali daripada memotong besi tulangan yang masih baru. Untuk sisa besi tulangan yang masih panjang semisal akibat kelebihan pemesanan, para kontraktor dapat menggunakannya kembali untuk proyek mendatang atau dikirim ke proyek lain yang masih satu perusahaan untuk digunakan kembali di proyek tersebut.

Alternatif lain selain *reuse* adalah mendaur ulang sisa besi tulangan (*recycle*) tersebut ke pabrik, akan tetapi para kontraktor jarang melakukan hal tersebut, mereka lebih memilih untuk menjualnya (*salvage*) langsung dengan cara dijual ke rombeng atau dengan lelang disekitar proyek. Alternatif lain seperti memberikan sisa material ke organisasi amal dan memberikan secara cuma-cuma kepada para pekerja juga jarang dilakukan.

SIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penyebab yang paling sering menimbulkan sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi bangunan gedung adalah disaat pelaksanaan yaitu sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi.
2. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan bentuk penanganan yang paling sering dilakukan oleh kontraktor dalam menangani dan meminimalkan sisa material besi tulangan pada proyek konstruksi bangunan gedung adalah tindakan pencegahan (reduce) yaitu penerapan metode konstruksi yang efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Bossink, B.A.G., H.J.H Brouwers. 1996. "Construction waste: Quantification and Source Evaluation". *Journal of Construction Engineering and Management*. hal 55-60.
- Formoso, C.T., et al. 2002. "Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention". *Journal of Construction Engineering and Management*. pp 316–325.
- Franklin. 1998. "Characterization of Building Related Construction as Demolition Debris in USA". *Environmental Protections Agency*.
- Gavilan, R.M., and Bernold, L.E. 1994. "Source Evaluation of Solid Waste in Building Construction". *Journal of Construction Engineering and Management*.
- I Gusti Putu Adi Suartika Putra, G A. P. Candra Dharmayanti dan A. A. Diah Parami Dewi. 2018. "Penanganan Waste Material Pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat". *Jurnal Spektran*. Vol. 6, No. 2, Juli 2018, Hal. 176 – 185.
- Intan, S., Alifen, S.R., Arijanto, L. 2005. "Analisa Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi: Sumber Penyebab, Kuantitas, Dan Biaya". *Jurnal Civil Engineering Dimension*. Vol. 7, No. 1.
- Khadafi, Muhammad. 2008. *Analisis Penggunaan Software Optimasi Waste Besi Pada Pekerjaan*

Struktur Beton Bertulang Proyek XYZ. Depok: Universitas Indonesia.

Prayoga, Maria Helena dan Coln, William Liem. 2009. "Penanganan Sisa Material Ready-Mixed Concrete Pada Proyek Konstruksi". Skripsi. Surabaya: Universitas Kristen Petra.

SNI07-2052-2002. 2002. *Baja Tulangan Beton*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.

Suprpto, H., Wulandari, S. 2009. "Studi Model Pengelolaan Limbah Konstruksi Dalam Pelaksanaan Pembangunan". *Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Sipil*. Vol 3.

Sun Kuk Kim, Won Kee-Hong and Jin Kyu Joo. 2004. "Algorithms for Reducing the Waste Rate of Reinforcement Bars". *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. hal 18.