

STUDI KASUS ANALISA FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB SISA MATERIAL BESI BETON DAN UPAYA SOLUSINYA PADA SATU PERUSAHAAN KONTRAKTOR UMUM GRED 7 DI SURABAYA

Tirsa Endeli Tumbelaka¹, Djwantoro Hardjito², Paul Nugraha³

ABSTRAK: *Waste material* menjadi perhatian khusus dalam proyek konstruksi saat ini. Setiap proyek konstruksi pasti akan menghasilkan sisa material. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari faktor-faktor penyebab sisa material besi beton pada proyek konstruksi yang ada dalam suatu perusahaan kontraktor gred 7 di Surabaya dan mencari upaya solusi atas permasalahan tersebut. Data penelitian diperoleh melalui pembagian kuesioner dan wawancara pada para pelaku konstruksi. Hasil penelitian menunjukkan terdapat delapan faktor penyebab sisa material besi beton. Faktor penyebab paling besar disebabkan oleh pekerja yang kurang pengetahuan, ceroboh dan kurang motivasi yang paling banyak terjadi pada proses pemotongan material. Ada 5 upaya solusi yang diusulkan dari penelitian ini yang menyangkut *training* pekerja, penempatan staf, pemberian reward, rapat koordinasi, penataan kembali sistem dalam perusahaan.

Kata kunci: sisa material, besi beton, proyek konstruksi, analisa faktor.

ABSTRACT: Waste material is becoming a particular concern in the current construction project. Each construction project will definitely generate waste material. This study aimed to find the factors that affect steel bar waste in construction projects that exist in a grade 7 construction company in Surabaya and seek solutions to these problems. Data are collected by questionnaire survey and interviews. The result of this research shows that there are eight factors which causes the waste steel bar material. The biggest factors that cause steel bar waste are lack of the workers' knowledge, careless and lack of motivation which mostly occurs in cutting material process. There are five proposed solutions from this study which are workers training, staffing, granting rewards, coordination meetings, realignment of the system within the company.

Keywords: waste material, steel bar, construction project, factor analysis.

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan salah satu sektor penghasil limbah terbesar di dunia. Menurut Hovarth (2004), aktivitas dan proses konstruksi adalah pengguna material, energi dan penghasil polusi terbesar dalam skala global. Dari penelitian yang dilakukan oleh Ding (2007) disebutkan bahwa sektor konstruksi merupakan salah satu pengguna sumberdaya alam terbesar dan salah satu sektor yang memproduksi polusi terbesar untuk lingkungan dan alam. Setiap proyek tentunya akan menghasilkan sisa material yang berbeda-beda tergantung dari jenis proyeknya.

Evaluasi dari beberapa penelitian sebelumnya didapatkan bahwa material besi beton merupakan material yang paling sering tersisa pada proyek konstruksi. Penelitian yang dilakukan oleh Formoso et al. (2002) mendapatkan material besi beton menempati urutan pertama dalam persentase sisa material yaitu 20% dari total biaya sisa material.

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, tirzaendely@gmail.com

²Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, djwantoro.h@petra.ac.id

³Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, nugrahapaul@gmail.com

Penelitian lain dari Tam (2008) mendapatkan persentase sisa material besi beton adalah 21.1% dari total biaya sisa material. Sedangkan hasil dari penelitian dilakukan oleh Intan et al. (2005) didapatkan material besi beton merupakan material dengan nilai sisa terbesar yaitu 34.68% dari total biaya sisa material. Penelitian lain oleh Angka (2007) yang khusus meneliti sisa material besi beton mendapatkan bahwa komposisi biaya sisa material besi beton mencapai 52.38% dari total biaya sisa material.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor penyebab yang paling dominan dan menganalisa akar penyebab sisa material besi beton pada perusahaan yang diteliti, serta mencari upaya solusi atas akar penyebab tersebut.

Penelitian dilakukan pada seluruh proyek yang sedang berjalan dalam satu perusahaan kontraktor gred 7 dengan jenis proyek hotel, gudang, *office*, *office and warehouse*, *mall*, gereja dan ruko. Penelitian ini hanya terbatas pada pekerjaan pembesian karena penelitian ini difokuskan pada satu jenis material saja. Penelitian ini tidak memberikan usulan model berupa *Standard Operating Procedure* karena penelitian ini hanya terbatas pada analisa faktor dan akar penyebab serta usulan perbaikan untuk setiap akar penyebab.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Faktor Penyebab Sisa Material Besi Beton

Menurut Illingworth & Thain (1998), *waste material* konstruksi merupakan sesuatu yang bersifat melebihi dari apa yang direncanakan yaitu dapat berupa hasil pekerjaan maupun kuantitas material yang tersisa/tercecer/rusak yang tidak dapat digunakan lagi sesuai dengan fungsinya. Menurut Formoso et al. (2002) *waste* dalam bidang konstruksi dapat diartikan sebagai kehilangan atau kerugian dalam hal sumber daya yang meliputi material, waktu dan modal baik secara langsung atau tidak langsung yang mengeluarkan biaya tanpa menambah nilai produk yang dihasilkan.

Construction waste dapat digolongkan menjadi dua kategori besar menurut Skoyles (1976) yaitu *direct waste* yang merupakan sisa material karena material rusak dan tidak dapat digunakan lagi dan *indirect waste* yang merupakan sisa material dalam bentuk kehilangan biaya atau terjadi kelebihan pemakaian volume material. Jenis sisa material berdasarkan golongan *direct waste* di antaranya adalah *site storage waste* (sisa penyimpanan), *fixing waste* (sisa pemasangan), *conversion waste* (sisa perubahan bentuk), dan *cutting waste* (sisa pemotongan).

Penelitian oleh Intan et al. (2005) pada proyek ruko di Surabaya mendapatkan faktor penyebab sisa material dapat dilihat dari empat tahapan pekerjaan yaitu tahap desain, tahap pengadaan material, tahap penanganan material, dan tahap pelaksanaan. Pada tahap desain, sering terjadi perubahan desain membuat ukuran ruangan berubah yang kemudian mempengaruhi ukuran panjang besi beton, pendetailan gambar yang rumit dan informasi yang salah atau kurang lengkap membuat pekerjaan harus dibongkar karena salah dalam pelaksanaan. Pada tahap pengadaan material sering terjadi kesalahan dalam pembelian material karena ketidaktelitian kontraktor dan pemesanan material yang berlebihan karena salah estimasi. Pada tahap penanganan material, terjadi penerimaan material cacat/rusak karena ketidaktelitian pekerja dan material tercecer di lapangan karena kelalaian pekerja. Dan pada tahap pelaksanaan terjadi pembongkaran pekerjaan karena salah dalam pelaksanaan, pekerjaan yang dilakukan pada saat cuaca buruk, dan pemotongan material yang tidak direncanakan. Penelitian lain yang dilakukan oleh Hartono et al. (2015) mendapatkan faktor penyebab sisa material yang sebagian besar sama dengan penelitian yang diadakan oleh Intan et al. (2005), namun pada penelitian ini terdapat tambahan faktor pada tahap penanganan material yaitu kurang baiknya penataan *site* sebelum pekerjaan dimulai.

Penelitian Lu et al. (2011) menyebutkan ada tiga penyebab utama material besi beton tersisa di lapangan di antaranya kesalahan saat proses pemotongan karena pekerja kurang

berpengalaman dan tidak ada perencanaan pemotongan, material berkarat karena penyimpanan yang kurang diperhatikan, dan penggunaan produk *prefabricated* tertentu. Menurut penelitian Formoso et al. (2002) ada tiga faktor penyebab material besi beton tersisa yaitu karena potongan-potongan pendek yang tidak bisa digunakan lagi, ukuran diameter yang tidak seragam akibat kesalahan fabrikasi, dan kelalaian pekerja dalam memeriksa material yang datang sehingga beberapa material tidak dapat digunakan. Dalam penelitian yang diadakan oleh Tam (2008), faktor yang paling berpengaruh dalam mengurangi sisa material besi beton adalah pemberian fasilitas *education and training* dari pihak perusahaan agar pekerja dapat lebih memahami lingkup pekerjaannya dan penetapan standar dalam manajemen pembelian material.

2.2. Persyaratan Kontraktor Gred 7

Dalam bidang jasa kontraktor terdapat pengelompokan yang dikategorikan ke dalam 7 kelas atau gred. Pengelompokan tersebut diterapkan untuk membatasi nilai pekerjaan setiap kelas agar terjadi pemerataan dalam proses tender. Syarat untuk kontraktor gred 7 menurut Peraturan LPJK Nasional No.10 Tahun 2013 adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki kekayaan bersih lebih dari 10 Miliar.
- b. Memiliki Penanggung jawab Badan Usaha (PJB) minimal 1 orang.
- c. Memiliki Penanggung jawab Teknik (PJT) 1 orang minimal bersertifikat keahlian kerja dengan pengalaman 8 tahun.
- d. Memiliki Penanggung jawab Bidang (PJB) 1 orang per bidang usaha minimal bersertifikat keahlian kerja dengan pengalaman 8 tahun.
- e. Memiliki pengalaman melaksanakan pekerjaan grade 6 sesuai sub- bidangnya dengan jumlah minimum 3 pekerjaan dengan total nilai pekerjaan minimum Rp. 32 Miliar selama 7 tahun.
- f. Sekurang-kurangnya dalam organisasi badan usaha memiliki divisi terpisah untuk perencanaan, operasional, keuangan, dan administrasi personalia, serta badan usaha wajib memiliki sertifikat ISO.

2.3. Konsep *Six-Sigma* dengan Pendekatan Metode DMAIC

Six-Sigma merupakan metode perbaikan kualitas berbasis statistik yang dilakukan secara komprehensif dengan pendekatan metode DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) yang dibagi dalam 5 tahapan. Tahap *Define* merupakan tahap pertama dalam metode DMAIC, dalam tahap ini dilakukan pendefinisian masalah, penetapan sasaran dan tujuan, serta penyusunan rencana tindakan untuk aktivitas peningkatan kualitas. Tahap *Measure* dilakukan dengan mencari data-data yang dapat memberikan petunjuk tentang akar masalah. Tahap *Analyze* dilakukan dengan mengidentifikasi masalah dan menentukan sumber penyebab dari setiap masalah yang terjadi dengan analisis diagram sebab-akibat. Pada tahap *Improve* ditetapkan rencana tindakan dengan memberikan rekomendasi usulan perbaikan atas akar penyebab yang didapatkan untuk peningkatan kualitas. Tahap *Control* adalah tahap terakhir yang dilakukan untuk membantu memfokuskan perhatian perusahaan dengan pembuatan model *Standard Operating Procedure* sebagai bentuk perbaikan dari hasil pengamatan yang dilakukan.

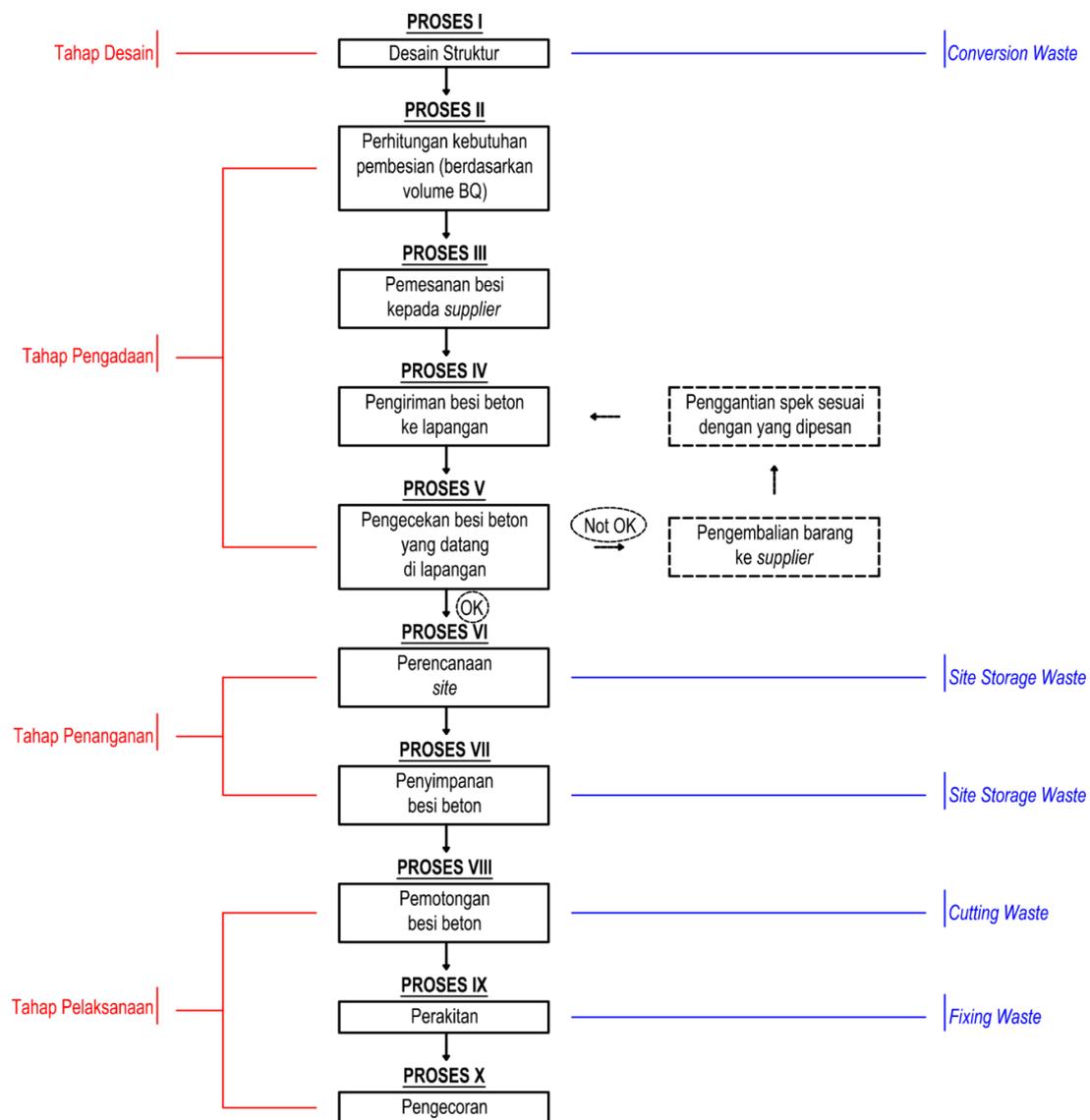
3. RANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kasus yang dilakukan pada beberapa proyek dalam satu perusahaan kontraktor umum gred 7 yang berpusat di kota Surabaya. Pada saat penelitian ini dilakukan yaitu pada bulan September 2015 sampai Juni 2016 terdapat 25 proyek yang sedang berjalan dalam perusahaan tersebut yang terdiri dari 8 proyek hotel, 3 proyek gudang, 5 proyek *office and warehouse*, 2 proyek *office*, 2 proyek mall, 2 proyek gereja dan 3 proyek ruko dengan lokasi yang berbeda-beda. Pengumpulan data dilakukan melalui pembagian kuesioner dan wawancara kepada responden terpilih yaitu seluruh Koordinator

Proyek, *Project Manager*, *Site Engineer*, *Site Manager* dan Pelaksana pada 25 proyek tersebut. Pembagian kuesioner dan wawancara dilakukan dua tahap dimana pembagian kuesioner tahap 1 dilakukan untuk mendapatkan faktor-faktor penyebab sisa material besi beton yang paling dominan, kemudian dilanjutkan dengan wawancara tahap 1 untuk mencari akar penyebab dan dianalisa dengan analisis diagram sebab-akibat. Peneliti kemudian melakukan wawancara tahap 2 untuk mencari upaya solusi atas setiap akar penyebab dan dilanjutkan dengan penyusunan dan pembagian kuesioner tahap 2 untuk mendapatkan upaya solusi yang paling efektif untuk diterapkan pada proyek dalam perusahaan tersebut.

4. ANALISA DATA

Untuk mencapai sasaran yang telah ditetapkan peneliti meninjau dari setiap tahapan pekerjaan dan proses pekerjaan pembesian. Dari hasil pengamatan yang dilakukan, proses pekerjaan pembesian pada proyek-proyek dalam perusahaan yang diteliti secara garis besar digambarkan pada Gambar 1.



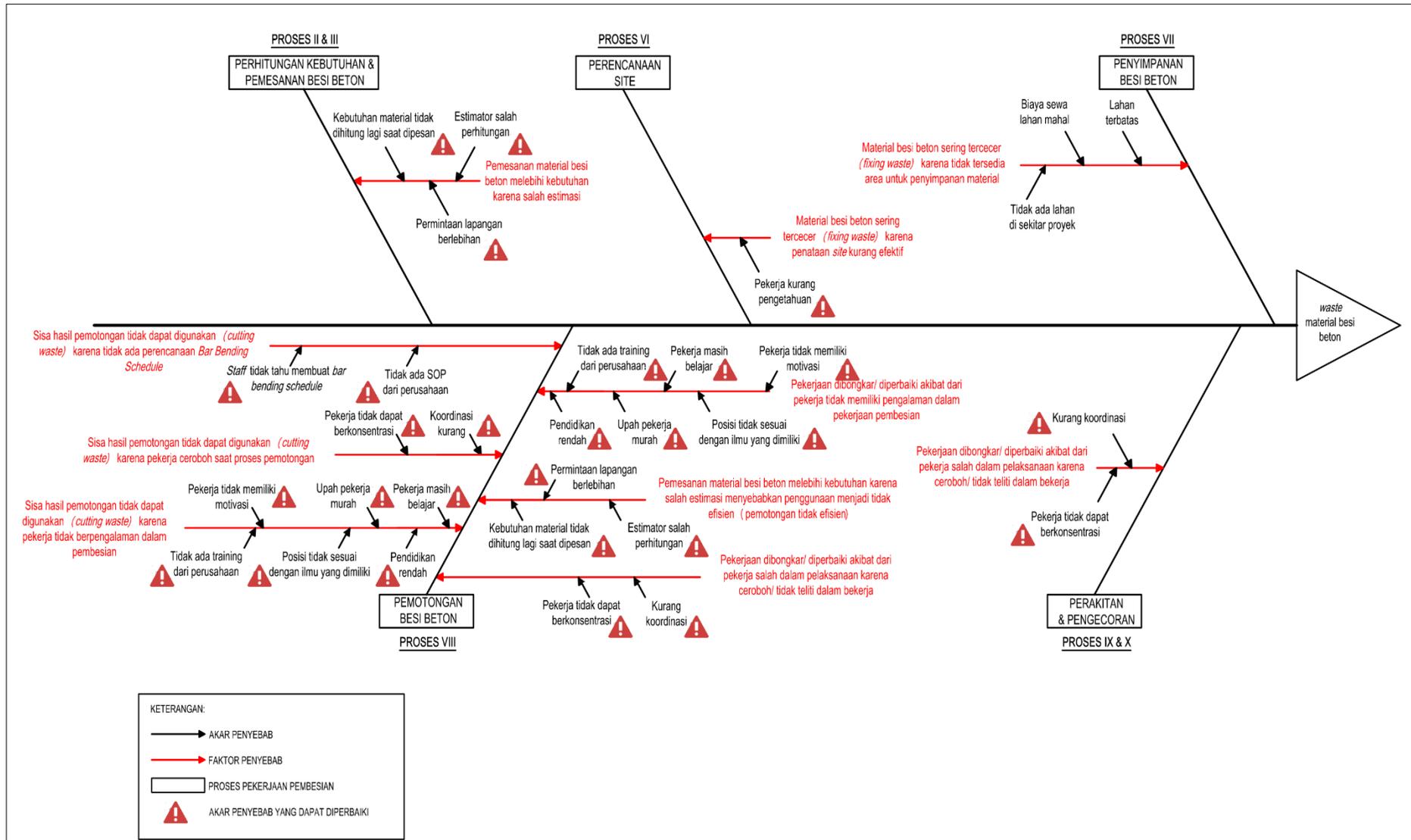
Gambar 1. Flowchart Proses Pekerjaan Pembesian pada Perusahaan yang Diteliti

Kuesioner tahap 1 disusun berdasarkan hasil identifikasi faktor-faktor penyebab sisa material besi beton yang didapatkan pada beberapa penelitian sebelumnya yang dikelompokkan berdasarkan 4 tahapan seperti pada Gambar 1. Data hasil pembagian kuesioner tahap 1 dianalisa secara statistik dengan bantuan *software SPSS* versi 17.0. Peneliti mengambil faktor-faktor penyebab sisa material besi beton dengan nilai *mean* > 3,5. Terdapat 8 faktor penyebab material besi beton tersisa yang sebagian besar disebabkan oleh kesalahan pada proses pemotongan, kesalahan saat pelaksanaan dan kurangnya perencanaan dalam bekerja. Dari hasil wawancara tahap 1 didapatkan akar penyebab tersisnya material besi beton adalah sebagian besar dikarenakan pengalaman dan pendidikan pekerja yang kurang serta tidak ada *training* dari perusahaan untuk membekali pekerja. Rangkuman faktor penyebab dan akar penyebab sisa material besi beton terlampir pada Tabel 1.

Tabel 1. Rangkuman Faktor Penyebab dan Akar Penyebab Sisa Material Besi Beton Hasil Kuesioner Tahap 1 dan Wawancara Tahap 1

No	Faktor Penyebab	Akar Penyebab
4.1a	Pekerjaan dibongkar/diperbaiki akibat dari pekerja salah dalam pelaksanaan karena ceroboh/tidak teliti dalam bekerja.	koordinasi kurang
		pekerja tidak bisa berkonsentrasi
4.2a	Sisa hasil pemotongan tidak dapat digunakan (<i>Cutting Waste</i>) karena tidak ada perencanaan <i>Bar Bending Schedule</i> .	staff tidak tahu membuat <i>bar bending schedule</i>
		tidak ada SOP dari perusahaan
4.2b	Sisa hasil pemotongan tidak dapat digunakan (<i>Cutting Waste</i>) karena pekerja ceroboh saat proses pemotongan.	koordinasi kurang
		pekerja tidak bisa berkonsentrasi
4.2c	Sisa hasil pemotongan tidak dapat digunakan (<i>Cutting Waste</i>) karena pekerja tidak berpengalaman dalam pekerjaan pembesian.	pekerja masih belajar
		upah pekerja murah
		pendidikan pekerja rendah
		tidak ada training dari kantor
		tidak sesuai dengan ilmu yang dimiliki
		pekerja tidak memiliki motivasi utk maju
4.1b	Pekerjaan dibongkar/diperbaiki akibat dari pekerja tidak memiliki pengalaman dalam pekerjaan pembesian.	pekerja masih belajar
		upah pekerja murah
		pendidikan pekerja rendah
		tidak ada training dari kantor
		tidak sesuai dengan ilmu yang dimiliki
		pekerja tidak memiliki motivasi utk maju
2.5	Pemesanan material besi beton melebihi kebutuhan karena salah estimasi menyebabkan penggunaan menjadi tidak efisien (Pemotongan tidak efisien).	estimator salah perhitungan
		kebutuhan material tidak dihitung lagi saat dipesan
		permintaan lapangan berlebihan
3.1c	Material besi beton sering tercecer (<i>Fixing Waste</i>) karena penataan <i>site</i> kurang efektif.	pekerja kurang pengetahuan
3.1a	Material besi beton sering tercecer (<i>Fixing Waste</i>) karena tidak tersedia area untuk penyimpanan material.	lahan terbatas
		tidak ada lahan disekitar proyek
		biaya sewa lahan mahal

Akar penyebab yang didapatkan dari hasil wawancara Tahap 1 dianalisa dengan analisis diagram sebab-akibat untuk mendapatkan akar penyebab yang paling memberikan pengaruh bagi permasalahan sisa material besi beton. Diagram sebab-akibat digunakan untuk mengelompokkan akar penyebab berdasarkan proses pekerjaan pembesian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Sebab-Akibat Faktor-Faktor Penyebab Sisa Material Besi Beton

Dari hasil analisis diagram sebab-akibat pada Gambar 2, didapatkan pada proses perhitungan kebutuhan pembesian dan pemesanan besi, akar permasalahan yang sering terjadi berkaitan dengan kesalahan dalam perhitungan saat akan memesan material. Akar penyebab pada proses perencanaan *site* adalah kurangnya pengetahuan yang dimiliki oleh staff sehingga sebagian besar staff tidak memahami cara menyusun metode kerja dan merencanakan *site* pada proyek. Akar penyebab pada proses penyimpanan besi beton sebagian besar disebabkan oleh kurangnya lahan yang tersedia pada proyek, akar penyebab ini merupakan akar penyebab dari faktor eksternal yang tidak dapat dikontrol oleh perusahaan. Akar penyebab sisa material besi beton paling banyak terjadi pada proses pemotongan material, faktor pekerja merupakan faktor utama penyebab sisa material besi beton pada proses ini. Dan akar penyebab pada proses perakitan dan pengecoran besi beton adalah kurangnya konsentrasi pekerja dan koordinasi antar pihak-pihak terkait.

Untuk dapat memberikan usulan perbaikan peneliti melakukan wawancara tahap 2 dan pembagian kuesioner tahap 2. Data hasil pembagian kuesioner tahap 2 dianalisa secara statistik dengan bantuan *software SPSS* versi 17.0. Peneliti mengambil faktor-faktor penyebab sisa material besi beton dengan nilai *mean* > 3,5. Terdapat 5 rekomendasi usulan perbaikan atas akar penyebab sisa material besi beton yaitu:

1. Staff perlu dibekali dengan pengetahuan tentang *bar bending schedule*, metode kerja dan penjadwalan proyek serta cara pengaplikasian *software* yang digunakan dalam menunjang pembuatan *bar bending schedule*, metode kerja dan penjadwaan proyek. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa sebagian besar pekerja yang bekerja pada perusahaan yang diteliti memiliki pengetahuan dan pengalaman yang terbatas. Hal ini tentu dilatarbelakangi oleh pendidikan yang rendah karena pada umumnya perusahaan mencari pekerja dengan upah yang relatif lebih murah. Oleh sebab itu, perlu bagi perusahaan untuk membekali pekerja dengan pengetahuan yang cukup agar pekerja memahami lingkup pekerjaan dan metode pengerjaan yang baik dan benar.
2. Perusahaan perlu menetapkan standar dan kualifikasi yang jelas dalam setiap posisi staff pada proyek, agar posisi yang ditempati sesuai dengan ilmu/keahlian yang dimiliki oleh staff. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa pada beberapa proyek terdapat staff dengan posisi *site manager* dan *site engineer* yang tidak memiliki pengetahuan yang cukup untuk posisi tersebut. Hal tersebut terjadi karena jumlah personil pada perusahaan tersebut tergolong kurang dan tingkat *turn over* karyawan dalam perusahaan tersebut sangat tinggi sehingga pada saat perusahaan mendapat proyek baru untuk dikerjakan tidak tersedia staff yang memiliki kualifikasi untuk beberapa posisi di proyek.
3. Perusahaan perlu memberikan *reward* pada pekerja yang berprestasi baik dalam pelaksanaan maupun dalam penghematan yang dilakukan agar menambah motivasi pekerja dalam bekerja. Dengan adanya sistem pemberian *reward* dapat memberikan motivasi bagi pekerja untuk dapat bekerja lebih baik lagi dan memperhatikan hal-hal kecil yang membawa dampak besar bagi perusahaan.
4. Perusahaan perlu sering mengadakan rapat koordinasi rutin dengan pihak-pihak terkait agar kemungkinan terjadi kesalahan persepsi semakin kecil.
5. Perusahaan perlu membuat standar yang jelas dalam pemesanan material. Alur pemesanan dan spesifikasi material harus jelas saat proses perhitungan dan pemesanan besi beton. Saat ini bagian *purchasing* melakukan pemesanan material dengan mengacu pada volume yang ada pada BQ, sehingga pada beberapa proyek material besi beton yang dipesan jauh melebihi kebutuhan yang sesungguhnya. Hal ini memacu pemakaian material besi beton di lapangan menjadi lebih boros.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Faktor penyebab sisa material besi beton paling sering terjadi pada tahap pelaksanaan seperti terjadinya pembongkaran akibat kecerobohan pekerja dan sisa material yang tidak dapat digunakan lagi karena kesalahan dalam proses pemotongan. Akar penyebab tersisnya material besi beton pada perusahaan tersebut adalah pekerja yang kurang berpengalaman dan kemampuan staff yang tidak sesuai dengan posisi yang ditempati. Selain itu, hal yang paling berpengaruh terhadap sisa material besi beton pada perusahaan ini adalah kurangnya kesadaran dari pimpinan perusahaan dalam manajemen pekerja dan metode pekerjaan.
2. Untuk mengurangi sisa material besi beton pada perusahaan ini, diusulkan untuk memberikan pembekalan kepada pekerja dengan *training* berupa pembuatan *bar bending schedule*, perencanaan metode kerja dan penjadwalan proyek. Selain *training* pekerja, perbaikan yang perlu dilakukan adalah menumbuhkan kesadaran pimpinan perusahaan akan pentingnya sistem manajemen dalam sebuah perusahaan.

6. DAFTAR REFERENSI

- Angka, Y. (2007). *Strategi Minimasi Sisa Material Konstruksi pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat yang Dilaksanakan Kontraktor BUMN di Indonesia*. Unpublished undergraduate thesis, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ding, G.K.C, (2007) *Sustainable Construction – The Role of Environmental Assessment Tools*. Australia: University of Technology, Sydney.
- Formoso, C.T., Sobeilman, L., Cesare, C.D. (2002). "Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention." *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol.128(4), pp.316–325.
- Hartono, W., Purba, D.H., Sugiyarto. (2015). *Analisa dan Pengelolaan Sisa Material Konstruksi dan Faktor Penyebab pada 3 Proyek Kelurahan Ditinjau Bagian Pondasi Menggunakan Root Cause Analysis (RCA)*, Unpublished undergraduate thesis, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hovarth, A. (2004). "Construction Materials and the Environment." *Annual Reviews Environment Resource*. Vol.29, p.181-204, July.
- Illingworth, J.R., Thain, K. (1988). "Materials Management – Is It Worth It", *CIRIA Special Publication*. Vol. 58.
- Intan, S., Alifen, R.S., Arijanto, L. (2005). "Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi: Sumber Penyebab, Kuantitas, dan Biaya." *Civil Engineering Dimension*. Vol.7(1), p.36–45, March.
- Lu, W., Yuan, H., Li, J., Hao, J.L., Mi, X., and Ding, Z. (2011). "An Empirical Investigation of Construction and Demolition Waste Generation Rates in Shenzhen City." *Waste Management*. Vol.31(4), p. 680-687.
- Peraturan Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi Nasional Nomor 10 Tahun 2013 tentang Registrasi Usaha Jasa Pelaksana Konstruksi.
- Skoyles, E.F. (1976). Material Wastage: A Misuse of Resources, *Building Research and Practice*, pp. 232–243, July/April.
- Tam, V.W.Y., (2008). "On the Effectiveness in Implementing A Waste Management-Plan Method in Construction." *Waste Management*. Vol.28, p.1072–1080, Januari.
- Tam, V.W.Y., Tam, C.M., Zeng, S.X., Ng, C.Y. (2007). "Towards Adoption of Prefabrication in Construction." *Building and Environment*, vol.42(10), p.3642-3654, October.