

ANALISA DAN EVALUASI SISA MATERIAL KONSTRUKSI: SUMBER PENYEBAB, KUANTITAS, DAN BIAYA

Suryanto Intan

Dosen, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Maluku
E-mail: sui1964@hotmail.com

Ratna S. Alifen

Dosen, Program Pascasarjana Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

Lie Arijanto

Dosen, Program Pascasarjana Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Sisa material merupakan salah satu masalah yang serius pada konstruksi bangunan. Usaha minimalisasi sisa material konstruksi akan membantu kontraktor untuk meningkatkan keuntungan dan mengurangi dampak lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuantitas sisa material dan faktor-faktor penyebab, mengkategorikan sisa material berdasarkan *direct waste* dan *indirect waste*, dan mengusulkan suatu model biaya sisa material pada proyek ruko. Data penelitian diperoleh melalui *survey* penyebaran kuesioner pada para pelaku konstruksi, dan pengamatan di lapangan pada kompleks proyek ruko di Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) volume sisa material batu bata dan pasir adalah yang terbesar, (2) model biaya menunjukkan nilai minimum biaya sisa material (*good waste management practice*) sebesar 3,33%, dan nilai maksimum biaya sisa material (*poor waste management practice*) sebesar 4,67% dari total anggaran biaya satu ruko, sehingga *Potential waste saving cost* menjadi 1,34%.

Kata kunci: sisa material, ruko, *direct waste*, *indirect waste*, model biaya.

ABSTRACT

Waste material is a crucial problem in building construction. By minimizing waste materials, contractors can increase their profit and minimize the environmental impacts. This research is conducted to obtain the quantities of construction waste material, influencing factors, classify waste materials into direct waste and indirect waste, and propose a cost model of construction waste materials on shop-houses projects. Data are collected by questionnaire survey and construction site observation. The research findings indicate that quantities of bricks and sand waste are the biggest. Cost model findings indicate that minimum value of waste material (good waste management practice) are 3,33%, and maximum value (poor waste management practice) are 4,67% of construction budget for a shop-house building, so "potential waste saving cost" is equal to 1.34%.

Keywords: waste material, shop houses, direct waste, indirect waste, cost model.

PENDAHULUAN

Material sebagai salah satu komponen yang penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek mempunyai kontribusi sebesar 40-60% dari biaya proyek [1], sehingga secara tidak langsung memegang peranan penting dalam menunjang keberhasilan proyek khususnya dalam komponen biaya.

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juni 2005. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 7, Nomor 2, September 2005.

Pada proses konstruksi, penggunaan material oleh pekerja-pekerja di lapangan dapat menimbulkan sisa material yang cukup tinggi. Beberapa penelitian di Brazil menunjukkan sisa material konstruksi dapat mencapai 20-30% berat dari total material di lokasi [2,3,4]. Sisa material konstruksi, tidak hanya penting dari sudut pandang efisiensi, tetapi juga berpengaruh pada lingkungan. Sisa material konstruksi dapat mencapai 15-30% dari sampah kota [5], sehingga upaya minimalisasi sisa material penting untuk diterapkan oleh para pelaku konstruksi.

Usaha penanggulangan maupun pengurangan sisa material konstruksi dapat dilakukan dengan berbagai macam metode. Beberapa negara maju mulai melakukan penelitian cara penanggulangan dengan metode daur ulang (*recycling*) sisa material, studi dampak dari pembakaran (*incineration*), penggunaan kembali (*reuse*), dan mencari cara mengurangi selama proses konstruksi.

Metode daur ulang di Indonesia masih sulit untuk diterapkan, karena pada umumnya tempat sampah di Indonesia belum dipilah-pilah menurut jenis sampah, sehingga semua sampah dijadikan satu dalam satu tempat penampungan, selain itu kemajuan teknologi belum dapat menyamai teknologi di negara maju, karena membutuhkan biaya yang tinggi, dan hasil daur ulang belum diteliti untuk dapat dimanfaatkan. Metode pembakaran akan berdampak buruk bagi pencemaran udara dan lingkungan. Pada metode penggunaan kembali (*reuse*) sisa material, biasanya terbatas pada material yang tidak menjadi bagian dari struktur bangunan (*non-consumable material*), misalnya bekisting dan perancah (*scaffolding*).

Cara penanggulangan sisa material yang paling mungkin dilakukan di Indonesia adalah melalui manajemen material untuk meminimalisasi sisa material yang terjadi, hal ini karena pertimbangan segi biaya, teknologi yang masih sederhana, dan juga sekaligus wawasan ramah lingkungan.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuantitas, sumber dan faktor-faktor penyebab timbulnya sisa material tersebut, kemudian mengkategorikan sisa material yang terjadi berdasarkan tipe dan jenisnya. Penelitian ini juga mengusulkan suatu model biaya sisa material.

Sampel penelitian adalah bangunan ruko di Surabaya, sedangkan material yang diteliti adalah yang menjadi bagian dari struktur bangunan ruko (*consumable material*), yang ditentukan berdasarkan prinsip *Pareto's Law 20-80*.

TINJAUAN PUSTAKA

Sisa Material Konstruksi

Penggunaan material dalam proses konstruksi digolongkan dalam dua bagian besar [6], yaitu:

1. *Consumable material*, merupakan material konstruksi yang pada akhirnya akan menjadi bagian dari struktur fisik bangunan, misalnya: semen, pasir, batu pecah, batu bata, baja tulangan, keramik, cat dan lain-lain.

2. *Non-consumable material*, merupakan material penunjang dalam proses konstruksi, dan bukan merupakan bagian dari fisik bangunan, biasanya material ini bisa dipakai ulang dan pada akhir proyek akan menjadi sisa material juga, misalnya: perancah, bekisting, dan dinding penahan sementara.

Alur penggunaan *consumable material* mulai sejak pengiriman ke lokasi, proses konstruksi, sampai pada posisinya yang terakhir akan berakhir pada salah satu dari keempat posisi di bawah ini [6], yaitu:

1. Struktur fisik bangunan
2. Kelebihan material (*leftover*)
3. Pemakaian ulang pada proyek yang lain (*reuse*)
4. Sisa material (*waste*)

Keberadaan sisa material konstruksi terus terjadi sejalan dengan proses pembangunan yang dilaksanakan. Jenis sisa material dapat dikategorikan menjadi dua bagian [7] yaitu:

1. *Demolition waste* adalah sisa material yang timbul dari hasil pembongkaran proses renovasi atau penghancuran bangunan lama.
2. *Construction waste* adalah sisa material konstruksi yang berasal dari proses pembangunan atau renovasi bangunan. Sisa material tersebut tidak dapat dipakai lagi sesuai dengan fungsi semula. Sisa material ini bisa terdiri dari beton, batu bata, plesteran, kayu, pipa dan lain-lain.

Construction waste dapat digolongkan kedalam dua kategori berdasarkan tipenya [8] yaitu:

1. *Direct waste* adalah sisa material yang timbul di proyek karena rusak, hilang dan tidak dapat digunakan lagi.
2. *Indirect waste* adalah sisa material yang terjadi di proyek karena volume pemakaian volume melebihi volume yang direncanakan, sehingga tidak terjadi sisa material secara fisik di lapangan dan mempengaruhi biaya secara tersembunyi (*hidden cost*), misalnya ketebalan plesteran melebihi ketebalan/volume yang direncanakan yang disebabkan oleh terjadinya deviasi dimensi elemen struktur pada saat pengecoran.

Penelitian Sisa Material di Negara Lain

Hasil penelitian kuantitas sisa material di proyek yang telah dilakukan oleh para peneliti di beberapa negara telah disimpulkan [9] antara lain: (1) penelitian di Inggris yang dilakukan pada 114 bangunan industri dari tahun 1960 s/d 1970 [8], hasil penelitian tersebut menyimpulkan bahwa kesalahan manajemen material di lapangan menyebabkan terjadinya sisa material antara 2% sampai 15% dari material yang direncanakan; (2) penelitian di Hong Kong dilakukan pada 32 bangunan konstruksi

sejak bulan Juni 1992 sampai dengan Februari 1993 [9], penelitian ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya sisa material yang lebih besar di masa yang akan datang dan pengaruhnya terhadap lingkungan, sisa material yang terjadi antara 2,4% sampai 26,5% dari material yang dibeli, (3) penelitian di Belanda yang dilakukan pada 5 bangunan rumah tinggal sejak April 1993 sampai dengan Juni 1994 [10], hasil penelitian menyimpulkan terjadinya sisa material sebesar 1% sampai 10% dari material yang dibeli, sisa material tersebut disebabkan terutama dari tahap disain, suplai material, penanganan dan penyimpanan yang kurang baik; (4) penelitian di Australia dilakukan pada 15 bangunan rumah tinggal [11], sisa material yang terjadi berkisar antara 2,5% sampai 22% dari material yang dibeli, penelitian ini memberikan suatu model biaya sisa material yang terjadi di proyek; (5) penelitian di Brazil dilakukan pada 3 bangunan rumah tinggal antara tahun 1986 sampai dengan 1987 [2], hasil penelitian menunjukkan sisa material berkisar antara 11% sampai 17%.

Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Sisa Material

Sisa material yang terjadi di lapangan dapat disebabkan oleh satu atau kombinasi dari beberapa penyebab. Gavilan dan Bernold [6], membedakan sumber-sumber yang dapat menyebabkan terjadinya sisa material konstruksi atas enam kategori: (1) disain; (2) pengadaan material; (3) penanganan material; (4) pelaksanaan; (5) residual dan (6) lain-lain.

Hasil penelitian Bossink dan Browers [10], menyimpulkan sumber dan faktor penyebab berdasarkan kategori yang telah dibuat oleh Gavilan dan Bernold tersebut pada Table 1.

Tabel 1. Sumber dan Penyebab Terjadi Sisa Material Konstruksi

Sumber	Penyebab
(1) Disain	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan dalam dokumen kontrak - Ketidak lengkapan dokumen kontrak - Perubahan disain - Memilih spesifikasi produk - Memilih produk yang berkualitas rendah - Kurang memperhatikan ukuran dari produk yang digunakan - Disainer tidak mengenal dengan baik jenis-jenis produk yang lain - Pendetailan gambar yang rumit - Informasi gambar yang kurang - Kurang berkoordinasi dengan kontraktor dan kurang berpengalaman mengenai konstruksi
(2) Pengadaan	<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 - Kemasan kurang baik, menyebabkan terjadi kerusakan dalam perjalanan

(3) Penanganan	<ul style="list-style-type: none"> - Material yang tidak di kemas dengan baik - Material yang terkirim dalam keadaan tidak padat/kurang - Membuang/melempar material - Penanganan material yang tidak hati-hati pada saat pembongkaran untuk dimasukan ke dalam gudang - Penyimpanan material yang tidak benar menyebabkan kerusakan - Kerusakan material akibat transportasi ke/di lokasi proyek
(4) Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> - Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja - Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik - Cuaca yang buruk - 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 kesalahan dalam penggunaan material sehingga perlu diganti. - Pengukuran di lapangan tidak akurat sehingga terjadi kelebihan volume
(5) Residual	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - Kehilangan akibat pencurian - Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui 2 cara yaitu: (1) Pengamatan secara langsung dari tanggal 9 Juli 2003 sampai dengan 30 Januari 2004 pada sebuah kompleks ruko di Surabaya yang sedang dalam proses pembangunan. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui kuantitas sisa material yang terjadi di lapangan baik dalam bentuk *direct waste* maupun *indirect waste*, faktor-faktor penyebab timbulnya sisa material yang bersumber dari disain, pengadaan, penanganan material, pelaksanaan, residual (sisa), dan lain-lain serta pengambilan dokumentasi sebagai data aktual di lapangan. (2) Penyebaran kuesioner dari tanggal 3 Nopember 2003 sampai dengan 18 Desember 2003 kepada manajer lapangan, pengawas lapangan, pelaksana lapangan, dan mandor pada 13 proyek ruko di Surabaya [12]. Penyebaran kuesioner bertujuan untuk mendapatkan gambaran atau uraian tentang kuantitas sisa material yang terjadi di lapangan serta sumber dan penyebabnya.

Material yang diteliti adalah *consumable material*. Konsep *Pareto's Law 20-80*, diterapkan untuk menetapkan jenis material yang akan diteliti yaitu 20% jenis material yang memiliki nilai sebesar 80% dari total nilai material rencana. Didapatkan

delapan jenis material, yaitu: tiang pancang, besi beton, beton *ready mix*, semen, pasir, batu pecah, batu bata, dan keramik (Lampiran 1).

ANALISA DATA DAN HASIL

Kuantitas Sisa Material

Kuantitas sisa material untuk kedelapan jenis material yang diteliti diperoleh dari hasil pengamatan lapangan dan survey kuesioner. Analisa kuantitas sisa material hasil pengamatan lapangan diperoleh dari volume material siap pakai di lapangan dikurangi dengan volume material disain berdasarkan gambar rencana dan *bill of quantity (BQ)*, kemudian dikurangi sisa stok material di lapangan. Hasil analisa kuantitatif ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kuantitas Sisa Material Hasil Pengamatan Lapangan

No. (1)	Jenis Material (2)	Satuan (3)	Volume Material			Volume Sisa Material (7)=(4-5-6)	Sisa Material (%) (7/6)X100%
			Siap Pakai (4)	Sisa Stok (5)	Disain/BQ (6)		
1	Tiang pancang	M ²	1.462,00	26,00	1.370,00	66,00	4,82
2	Beton ready mix	M ³	408,50	-	389,87	18,63	4,78
3	Besi beton	Kg	63.914,15	266,58	59.765,28	3.882,29	6,50
4	Semen	Zak	3.412,00	-	3.203,02	208,98	6,52
5	Pasir	M ³	421,60	3,50	375,34	42,76	11,39
6	Batu pecah	M ³	155,00	1,80	144,58	8,62	5,96
7	Batu bata	Bh	135.500,00	1.503,00	119.102,00	14.895,00	12,51
8	Keramik	M ²	2.883,00	15,55	2.684,79	182,66	6,80

Kuantitas sisa material yang terbesar terjadi pada batu bata (12,51%) dan pasir (11,39). Faktor-faktor penyebab yang paling mempengaruhi kedua sisa material tersebut di lapangan adalah:

a. Batu bata

- Mutu bata rendah yang dapat disebabkan karena kontraktor menginginkan harga murah, sehingga mudah patah dan hancur pada saat penanganan maupun pelaksanaan.
- Perilaku pekerja di lapangan yang keberatan memakai potongan-potongan batu bata yang ada, sehingga terjadi banyak sisa material dalam bentuk potongan batu bata.

b. Pasir

- Tercecer karena dilalui kendaraan/orang maupun hanyut terbawa air hujan, hal ini disebabkan karena manajemen material di lapangan yang kurang baik.
- Akibat kesalahan/kecerobohan pekerja pada saat pemasangan bekisting elemen struktur seperti kolom, balok dan plat di lapangan menyebabkan terjadinya deviasi pada saat pengecoran, sehingga pemakaian bahan menjadi berlebihan (*indirect waste*) baik untuk beton ready mix maupun mortar pada saat melakukan pekerjaan plesteran.

Semen, pasir, dan batu pecah selalu dipakai bersamaan baik dalam bentuk campuran beton maupun dalam bentuk campuran mortar, namun sisa material pasir menunjukkan kuantitas sisa material yang jauh lebih besar dari pada semen dan batu pecah, hal ini disebabkan karena kuantitas sisa material pasir juga terjadi karena tercecer, terbawa air hujan, dan bercampur dengan tanah.

Dari analisa deskriptif hasil survey kuesioner, diperoleh prosentase kuantitas sisa material yang terjadi berdasarkan jumlah responden yang memilih. Hasil ini disampaikan dalam bentuk histogram pada Gambar 1, dan dirangkum pada Tabel 3. Kuantitas sisa material tiang pancang, beton *ready mix*, besi beton, pasir, dan batu pecah yang terjadi berdasarkan pendapat dari responden cukup meyakinkan karena jumlah responden yang memilih di atas 50%, sedangkan kuantitas sisa material semen, batu bata, dan keramik yang terjadi berdasarkan pendapat responden tidak cukup meyakinkan karena jumlah responden yang memilih di bawah 50%.

Tabel 3 Kuantitas Sisa Material Hasil Kuesioner

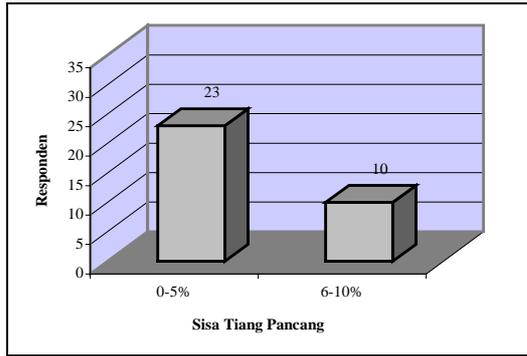
No.	Jenis Material	Kuantitas Sisa Material	Jumlah Responden	Keterangan
1.	Tiang pancang	0 - 5%	23 (70%)	Gambar 1.1
2.	Beton ready mix	6 - 10%	17 (52%)	Gambar 1.2
3.	Besi beton	6 - 10%	22 (67%)	Gambar 1.3
4.	Semen	11-15%	12 (37%)	Gambar 1.4
5.	Pasir	11-15%	19 (58%)	Gambar 1.5
6.	Batu pecah	6 - 10%	21 (64%)	Gambar 1.6
7.	Batu bata	11-15%	12 (37%)	Gambar 1.7
8.	Keramik	6 - 10%	15 (46%)	Gambar 1.8

Sumber dan Penyebab Sisa Material

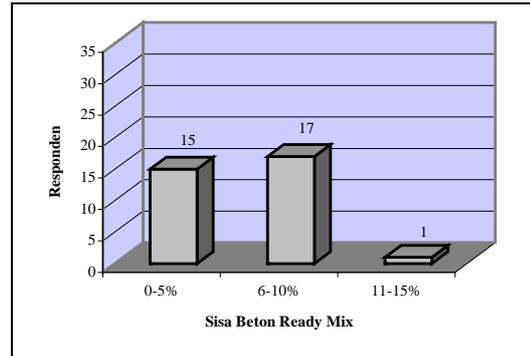
Sumber dan penyebab yang mempengaruhi terjadinya sisa material dari hasil kuesioner ditentukan berdasarkan pada nilai rata-rata bobot responden.

$$\text{Nilai rata - rata bobot} = \frac{\sum \text{Bobot}}{\sum \text{Responden}} \quad (1)$$

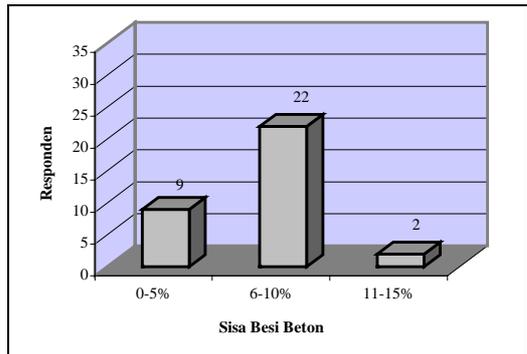
Jumlah rata-rata yang terletak diantara satu sampai dengan tiga setengah digolongkan sebagai faktor yang kurang berpengaruh, sedangkan jumlah rata-rata lebih dari tiga setengah sampai dengan enam digolongkan sebagai faktor yang berpengaruh. Hasil analisis deskriptif sumber dan faktor penyebab untuk kedelapan jenis material yang diteliti dalam bentuk tabel dapat dilihat pada Gambar 2. Detail penelitian selengkapnya dapat dilihat dalam pustaka [12]. Khusus untuk besi beton, sumber penanganan material tidak ditinjau karena tidak mempengaruhi terjadinya sisa material besi beton di lapangan.



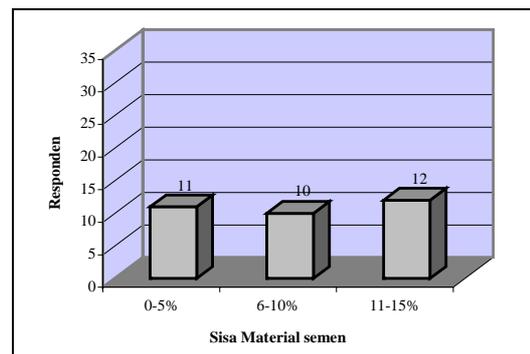
(1) Tiang Pancang



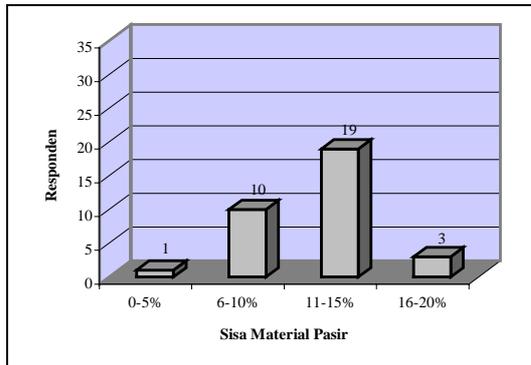
(2) Beton Ready Mix



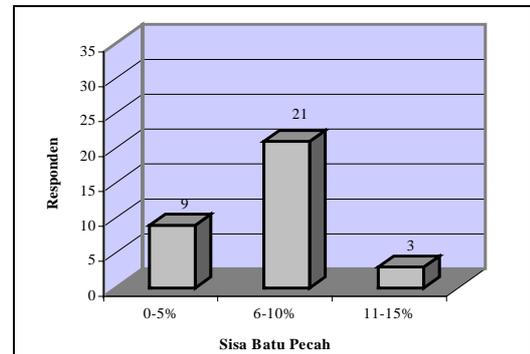
(3) Besi Beton



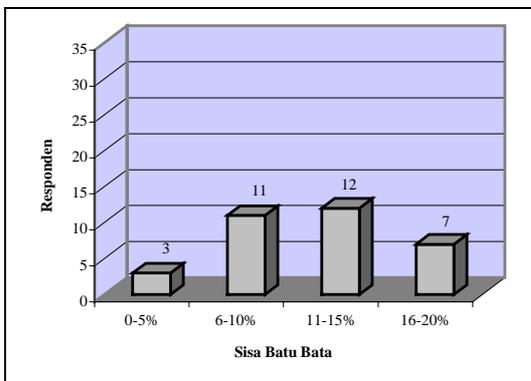
(4) Semen



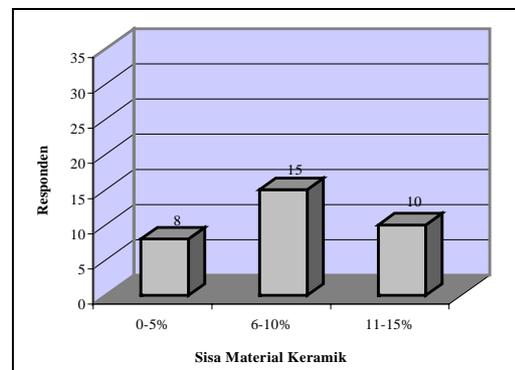
(5) Pasir



(6) Batu Pecah



(7) Batu Bata



(8) Keramik

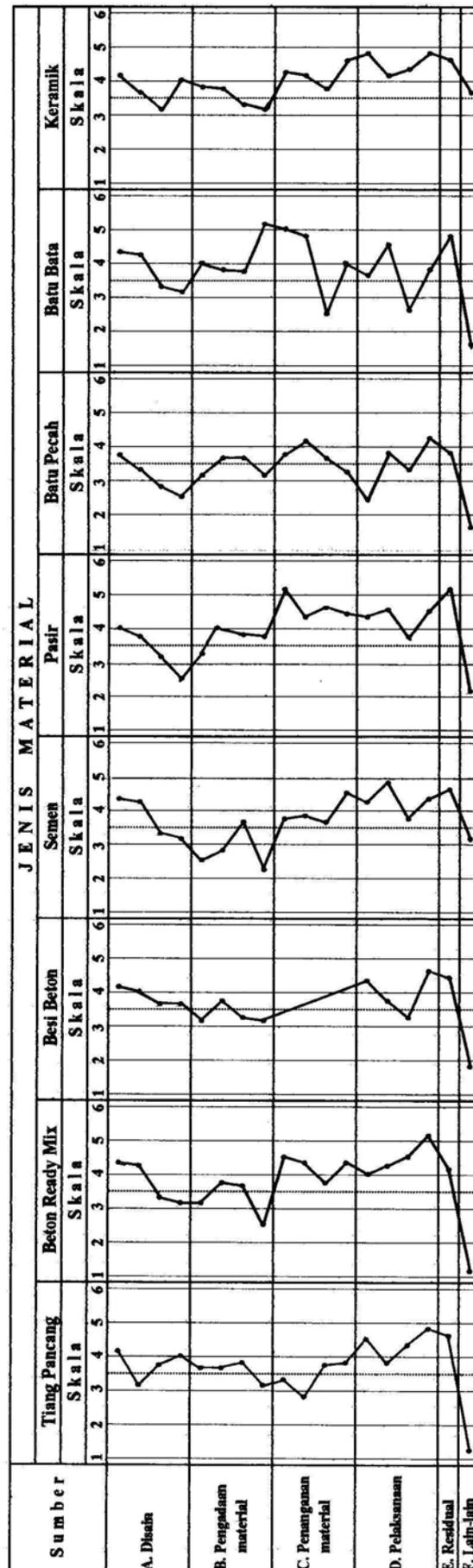
Gambar 1. Histogram Sisa Material

Berikut ini penjelasan mengenai sumber dan faktor-faktor penyebab yang berpengaruh terhadap sisa material di lapangan.

Disain: (1) Adanya perubahan disain dari pengembang disebabkan perencanaan yang kurang sempurna dan adanya perubahan disain dari pembeli/tenant karena menghendaki perubahan denah sesuai dengan penggunaannya; (2) Memilih beton berkualitas rendah oleh perencana akan menyebabkan tiang pancang patah/rusak sebelum mencapai tanah keras; (3) Informasi gambar yang kurang/tidak jelas menyebabkan kontraktor salah dalam pengadaan material maupun pelaksanaan di lapangan sehingga perlu dibongkar untuk diganti, dan (4) Pendetailan gambar yang rumit menyebabkan kontraktor membuat kesalahan dalam pelaksanaan, sehingga terjadi pembongkaran atau perbaikan yang akan menimbulkan sisa material di lapangan.

Pengadaan material: (1) Kontraktor pesan material tidak sesuai spesifikasi karena ketidaktelitian/kecerobohan sehingga terjadi pembongkaran karena perlu diganti; (2) Pemesanan material melebihi kebutuhan karena kesalahan estimasi menyebabkan material tersebut dipakai untuk pekerjaan lain seperti pasir yang berlebihan dipakai untuk pekerjaan urugan lantai (*substitution waste*); (3) Pemesanan material tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil karena adanya minimum order sehingga terjadi sisa material di lapangan, contoh beton *ready mix* yang umumnya mempunyai persyaratan minimum sebanyak 4 m³; (4) Kemasan yang rusak menyebabkan material tercecer pada saat pengiriman ke gudang maupun pada saat dibawa ke tempat pencampuran di lapangan, contohnya semen.

Penanganan material: (1) Membuang/melempar material dari atas truk atau dari tempat penumpukan ke tempat pelaksanaan menyebabkan material rusak sehingga tidak dapat digunakan; (2) Ketidak-telitian memeriksa material dari supplier menyebabkan material yang diterima ada yang rusak/cacat, sehingga tidak dapat digunakan atau terjadi kekurangan volume material dari jumlah yang tercantum dalam faktur; (3) Penanganan pekerjaan yang ceroboh oleh pekerja disebabkan karena kurang pengalaman dan tidak memiliki motivasi kerja menyebabkan material tercecer, misalnya pada saat menuangkan beton *ready mix* ke dalam bekisting, mengangkut mortar dari tempat pencampuran ke tempat pelaksanaan; (4) Penataan site yang kurang baik menyebabkan material tercecer seperti penumpukan pasir atau batu pecah pada tempat yang kurang aman, sehingga tercecer dan hilang bercampur tanah karena dilalui orang atau kendaraan.



Gambar 2. Sumber Penyebab Sisa Material

Pelaksanaan: (1) Kecerobohan pekerja di lapangan menyebabkan terjadi kesalahan dalam pelaksanaan sehingga pekerjaan perlu dibongkar atau diperbaiki; (2) Melakukan pekerjaan dalam kondisi cuaca buruk/hujan, menyebabkan material rusak atau hilang terbawa air, misalnya pekerjaan pengecoran beton *ready mix*, dan pekerjaan plesteran/pasangan tembok batu bata dengan mortar; (3) Tidak merencanakan pemotongan material terlebih dahulu sebelum dilaksanakan menyebabkan terjadi sisa-sisa pemotongan yang tidak efisien, misalnya pada pekerjaan pembesian dan pemasangan keramik; (4) Menggunakan peralatan yang tidak berfungsi dengan baik menyebabkan terjadi kesalahan dalam pelaksanaan, misalnya pemakaian theodolit yang tidak akurat karena belum dikalibrasi untuk pemasangan bekisting elemen struktur menyebabkan terjadi kesalahan ukuran sehingga menyebabkan pemakaian volume beton menjadi berlebihan (*indirect waste*); (5) Terjadinya deviasi elemen struktur pada saat pengecoran karena pemasangan bekisting yang kurang kuat akan menyebabkan pemakaian volume beton maupun mortar untuk plesteran elemen struktur melebihi volume kontrak.

Residual: Terjadinya sisa material di lapangan disebabkan oleh pemotongan material dengan bentuk yang tidak beraturan seperti keramik dan pemotongan material yang terlalu panjang seperti besi beton.

Lain-lain: Hilang karena dicuri hanya berpengaruh kepada material keramik karena material tersebut berharga dan mudah untuk dibawa.

Kategori Sisa Material

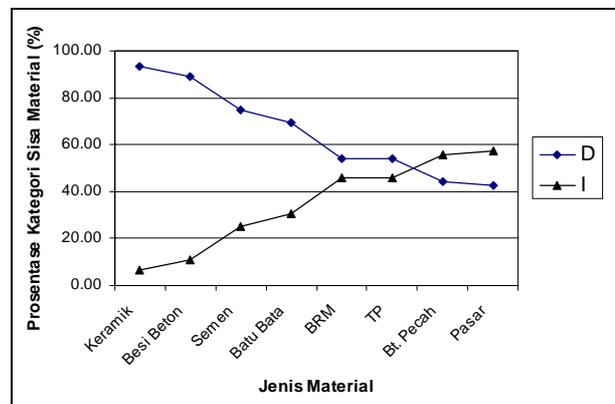
Sisa material yang terjadi di lapangan menurut Skoyles [8] dapat dikategorikan menjadi dua tipe utama: *Direct waste (D)*, dan *Indirect waste (I)*. Tabel 4 menunjukkan prosentase *direct* dan *indirect waste* yang dikategori berdasarkan faktor-faktor penyebab yang berpengaruh untuk masing-masing jenis material. Tabel 4 ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3.

Dari tabel dan gambar tersebut terlihat prosentase jenis material dengan tipe *direct waste* yang terbesar dan lebih dari separuh berturut-turut adalah: keramik, besi beton, semen, batu bata, beton ready mix dan tiang pancang. Hal ini menunjukkan sisa material yang terjadi untuk keenam jenis material tersebut, sebagian besar dalam bentuk fisik di lapangan yang telah rusak dan tidak dapat diperbaiki, sehingga tidak dapat digunakan lagi, dan akan lebih berpengaruh terhadap lingkungan. Untuk pasir dan batu pecah mempunyai prosentase *Indirect waste* lebih besar

dari pada *direct waste*, hal ini menunjukkan sisa material tersebut yang terjadi sebagian besar secara fisik tidak kelihatan atau lebih banyak berpengaruh terhadap biaya secara tersembunyi (*hidden cost*), sehingga kurang berpengaruh terhadap lingkungan.

Tabel 4. Prosentase Kategori Sisa Material

No	Jenis Material	Kategori Sisa Material	
		D (%)	I (%)
1	Tiang pancang	53.85%	46.15%
2	Beton ready mix	53.85%	46.15%
3	Besi beton	88.89%	11.11%
4	Semen	75.00%	25.00%
5	Pasir	42.86%	57.14%
6	Batu pecah	44.44%	55.56%
7	Batu bata	69.23%	30.77%
8	Keramik	93.33%	6.67%



Gambar 3. Prosentase Kategori Sisa Material

Nilai Margin Maksimum dan Minimum Sisa Material

Nilai margin maksimum dan minimum kuantitas sisa material diperoleh dari analisa data kuesioner dengan bantuan program komputer *SPSS* [12], hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Margin Maksimum dan Minimum Kuantitas Sisa Material

No.	Jenis Material	Kuantitas Sisa Material (%)	
		Margin Minimum	Margin Maksimum
1	Tiang Pancang	3.26	5.08
2	Beton ready mix	4.57	6.73
3	Besi beton	5.76	7.84
4	Semen	6.41	9.56
5	Pasir	10.41	12.83
6	Batu pecah	5.85	8.06
7	Batu bata	9.78	13.10
8	Keramik	6.79	9.57

Range di antara margin maksimum dan minimum pada masing-masing jenis material, terlihat cukup kecil yang artinya jawaban setiap responden menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda.

Model Biaya Sisa Material

Suatu model biaya sisa material dapat disusun berdasarkan nilai margin maksimum dan minimum kuantitas sisa material (Tabel 5) dengan contoh data rencana anggaran biaya (*budget*) dari studi kasus pada penelitian ini. Hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

Biaya sisa material pada Lampiran 2 menunjukkan nilai minimum Rp.5.014.839,- atau 3,33% sebagai *good waste management practice* dan nilai maksimum Rp. 7.025.178,- atau 4,67% sebagai *poor waste management practice*. Perbedaan diantara kedua nilai tersebut sebesar Rp. 2.010.300,- atau 1,34% menunjukkan *potential waste saving*.

KESIMPULAN

1. Kuantitas sisa material hasil pengamatan lapangan menunjukkan hasil yang tidak berbeda dengan hasil survey kuesioner dan berada dalam range margin maksimum dan minimum. Kuantitas sisa material terbesar dari kedua hasil penelitian tersebut adalah batu bata 12,51% dan pasir 11,39%.
2. Sumber dan faktor penyebab utama yang mempengaruhi sisa material di lapangan adalah:
 - Residu
Sisa pemotongan/kelebihan material pada akhir pekerjaan
 - Pelaksanaan
Tidak merencanakan pemotongan material sebelum pelaksanaan.
Kesalahan/kecerobohan pekerja di lapangan.
Deviasi elemen struktur menyebabkan pemakaian material lebih.
 - Penanganan material
Kecerobohan dalam penanganan material di lapangan
Ketidak-telitian menerima dan memeriksa material dari supplier
Rusak/patah pada saat dipindahkan
Tercecer pada saat diangkut
3. Berdasarkan kategori sisa material, prosentase *direct waste* lebih besar dari *indirect waste*, kecuali material pasir dan batu pecah dimana sebagian besar sisa material yang terjadi mempengaruhi biaya secara tersembunyi (*hidden cost*), sehingga kurang berpengaruh terhadap lingkungan.
4. Beberapa faktor penyebab terjadinya sisa material yang disebabkan oleh perilaku pekerja di lapangan [13], dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Faktor-Faktor Penyebab Sisa Material Karena Sikap dan Perilaku Pekerja

No.	Faktor-Faktor Penyebab Sisa Material	Sikap dan Perilaku Pekerja
1	Adanya perubahan disain	Proses disain kurang sempurna
2	Pesanan melebihi kebutuhan	Budaya pemborosan
3	Kontraktor pesan material tidak sesuai spek.	Komitmen manajemen kurang
4	Rusak/patah/tercecer/ pada saat dipindahkan	Kurang bertanggung jawab
5	Tidak merencanakan pemotongan material	Budaya yang pragmatis
6	Kelebihan material pada akhir pekerjaan	Penekanan waktu

5. Biaya sisa material untuk satu ruko pada studi kasus ini dapat dilihat pada Tabel 7.
 - Total biaya sisa material yang terjadi sebesar 3,68%, termasuk “*good waste management practice*”
 - Jenis material yang secara signifikan mempengaruhi 80% total biaya sisa material adalah besi beton, keramik, semen, beton *ready mix*, dan batu bata. (ditulis dengan huruf tebal di Tabel 7).

Tabel 7. Biaya Sisa Material Hasil Pengamatan Lapangan

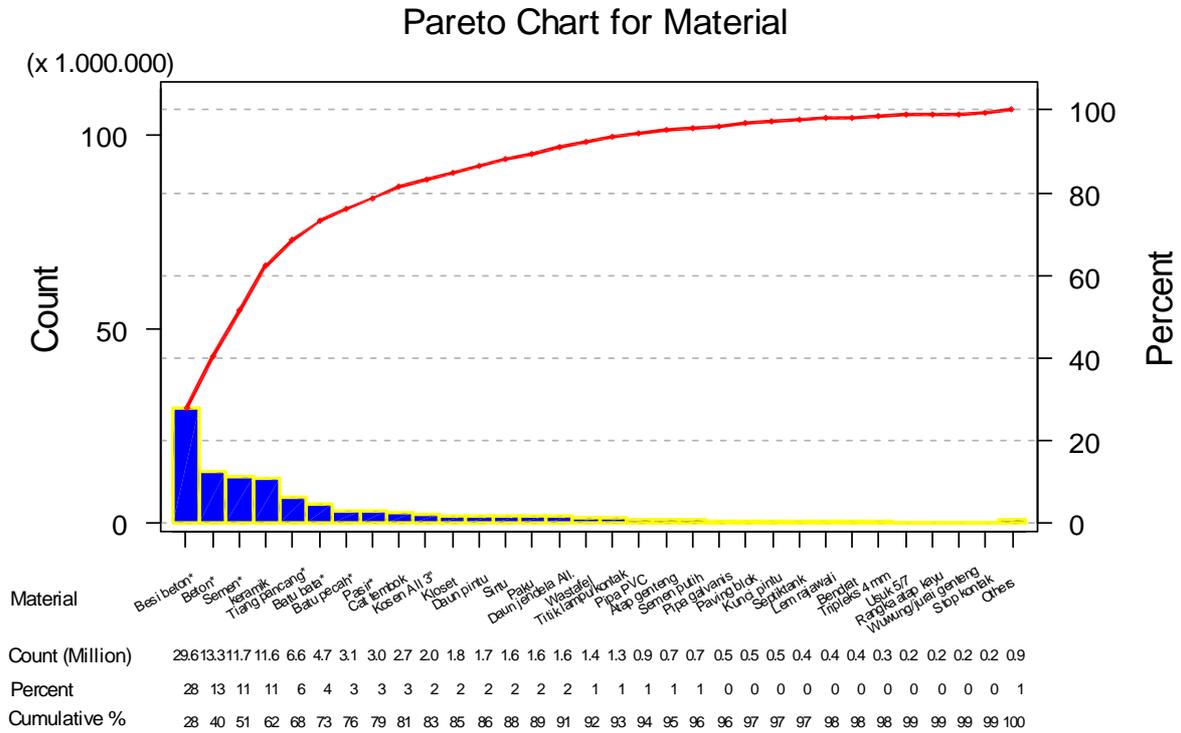
No.	Jenis Material	Kuantitas Sisa Material (%)	Biaya Material (Rp)	Biaya Sisa Material (Rp)	(%) Terhadap Total Biaya Sisa Material	Kumulatif
1	Besi beton	6.50	29,553,000.00	1,920,945.00	34.68	34.68
2	Keramik	6.80	11,644,750.00	791,843.00	14.29	48.97
3	Semen	6.52	11,716,000.00	763,883.20	13.79	62.76
4	BRM	4.78	13,275,000.00	634,545.00	11.45	74.21
5	Batu bata	12.51	4,700,000.00	587,970.00	10.61	84.83
6	Pasir	11.39	2,980,000.00	339,422.00	6.13	90.96
7	TP	4.82	6,624,000.00	319,276.80	5.76	96.72
8	Batu pecah	5.96	3,050,000.00	181,780.00	3.28	100.00
Total				5,539,665.00	100.00	
Prosentase Terhadap Total Biaya Proyek					3,68%	

DAFTAR PUSTAKA

1. Ritz, George, *Total construction Project management*, McGraw-Hill Book Company. 1994.
2. Pinto, T.P., and Agopayan, V. Construction wastes as raw materials for low-cost construction products. *Sustainable construction, Proc. 1st Conf. of CIBTG 16*, C.J. Kibert, ed., Ctr. For Constr. and Envir., Gainesville, 1994. Fla., pp. 335–342.
3. Hamassaki, L.T., and Neto, C.S., Technical and economic aspects of construction/demolition waste utilization, *Sustainable construction Proc. 1st Conf. of CIBTG 16*, C.J. Kibert, ed., Ctr. For Constr. and Envir., Gainesville, Fla., 1994. pp. 395-403.

4. Famoso, C.T., et al., Developing a method for controlling material waste on building site. *Economic evaluation and the built environment*, CIB, Lisbon, Portugal, 1993.
5. Brook, K.A., Adams, C., and Demsetz, L.A. "Germany's construction and demolition debris recycling infrastructure: What lessons does it have for the U.S.? *Sustainable construction Proc. 1st Conf. Of CIBTG 16*, C.J. Kibert, ed., Ctr. For Constr. and Envir., Gainesville, Fla., 1994. pp 647-656.
6. Gavilan, R. M., and Bernold, L. E., Source evaluation of solid waste in Building construction, *Journal of Construction Engineering and Management*, September 1994. pp.536 – 552.
7. Tchobanoglous, G., Theisen, H., and Vigil, S.A., *Integrated solid management*, McGraw-Hill. Inc., New Jersey. 1993.
8. Skoyles, E.F., Material wastage: A misuse of resources, *Building Research and Practice*, July/April 1976, pp. 232–243.
9. Famoso, C.T., et al., Material waste in building industry: Main causes and prevention, *Journal of Construction Engineering and Management*, Agustus 2002, pp.316–325.
10. Bossink, B. A. G., and Brouwers, H. J. H., Construction waste: Quantification and source evaluation, *Journal of Construction Engineering and Management*, March 1996. pp. 55–60.
11. Forsythe, P., and Marsden, P.K., Modeling construction waste Performance: An arising procurement issue, S.O. Ogunlana, ed., *Profitable partnering in construction procurement, CIB W92 (Procurement Systems) and CIB TG23 (Culture in Construction) Joint Symposium*, Spon, London,1999. pp. 679 – 688.
12. Intan, S., *Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi pada Pembangunan Ruko di Surabaya*, Tesis Pascasarjana – Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2004.
13. Loosemore, M., and Teo, M.M.M., A Theory of waste behaviour in the construction industry, *Journal construction management and economics*, Mei 2001. pp. 741-751.

Lampiran 1.



Lampiran 2

Model Biaya Sisa Material (Contoh Studi Kasus)

No.	Jenis Material	Biaya (Rp)	% Dari Total Biaya (%)	Kuantitas Sisa Material		Biaya Sisa Material	
				Minimum (%)	Maximum (%)	Minimum (Rp)	Maximum (Rp)
A Material Yang Dianalisa							
1	Tiang pancang	6,624,000.00	4.40	3.26	5.08	215,942.40	336,499.20
2	Beton ready mix	13,275,000.00	8.83	4.57	6.73	606,667.50	893,407.50
3	Besi beton	29,553,000.00	19.65	5.76	7.84	1,702,252.80	2,316,955.20
4	Semen	11,716,000.00	7.79	6.41	9.56	750,995.60	1,120,049.60
5	Pasir	2,980,000.00	1.98	10.41	12.83	310,218.00	382,334.00
6	Batu pecah	3,050,000.00	2.03	5.85	8.06	178,425.00	245,830.00
7	Batu bata	4,700,000.00	3.13	9.78	13.10	459,660.00	615,700.00
8	Keramik	11,644,750.00	7.74	6.79	9.57	790,678.53	1,114,402.58
Sub Total Biaya		83,542,750.00	55.55				
B Tidak Termasuk Yang Dianalisa							
1	Material	22,297,000.00	14.83				
2	Upah kerja tukang, instalasi dan pemancangan TP	37,656,000.00	25.04				
3	Bekisting dan perancah	6,892,500.00	4.58				
Total Biaya		150,388,250.00	100.00				
Total Biaya Sisa Material:						5,014,839.83	7,025,178.08
Presentase dari Total Biaya:						3.33%	4.67%
Penghematan Potensial Biaya Sisa Material Per Ruko (dibulatkan)						Rp. 2.010.330,-	(1,34%)