

# IDENTIFIKASI SISA MATERIAL KONSTRUKSI DALAM UPAYA MEMENUHI BANGUNAN BERKELANJUTAN (*Construction Waste Identification For Complying Sustainable Building*)

Y.P Devia, S.E Unas, R.W Safrianto, W. Nariswari  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang  
Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail : yatnanta@yahoo.com

## ABSTRAK

Sisa material konstruksi didefinisikan sebagai sesuatu yang sifatnya berlebih dari yang disyaratkan baik itu berupa hasil pekerjaan maupun material konstruksi yang tersisa/tercecer/rusak sehingga tidak dapat digunakan lagi sesuai fungsinya. Selain pengaruhnya terhadap biaya, sisa material konstruksi ini juga berdampak terhadap lingkungan. Dalam konsep pembangunan berkelanjutan untuk *sustainable building*, harus ada integrasi lingkungan, ekonomi dan sosial saat proses perencanaan, pelaksanaan konstruksi dan operasi pemeliharaan suatu lingkungan terbangun dimana salah satunya adalah manajemen dari sumber material dan sampah/sisa material konstruksi (*construction waste*). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui jenis dan kuantitas sisa material konstruksi dominan yang timbul di proyek konstruksi dan mengkaji dampak sisa material konstruksi dominan tersebut terhadap lingkungan. Sampel penelitian adalah *consumable material* proyek perumahan dan hotel di kota Malang- Jawa Timur. Metode yang digunakan untuk pengumpulan data adalah pengamatan lapangan, wawancara dan penyebaran kuisioner. Analisis data menggunakan analisis kuantitatif untuk mengetahui jenis dan kuantitas sisa material konstruksi yang diuji dengan metode regresi untuk mendapatkan sisa material konstruksi dominan. Selanjutnya sisa material konstruksi dominan dikaji secara deskriptif mengenai dampaknya terhadap lingkungan. Hasil yang diperoleh adalah sisa material konstruksi terbesar di proyek perumahan dan hotel di Kota Malang adalah batu bata berkisar 13,4 – 13,5 % untuk proyek perumahan dan hotel. Sisa material konstruksi batu bata murni tidak berdampak terhadap lingkungan dan termasuk material yang bisa dipakai kembali (*reuse*) dan didaur ulang (*recycle*).

**Kata kunci :** bangunan berkelanjutan, sisa material konstruksi

## PENDAHULUAN

Pada pelaksanaan sebuah proyek konstruksi bangunan, tidak akan dapat dihindari munculnya sisa material konstruksi atau biasa disebut dengan *Construction Waste*. Sisa material konstruksi didefinisikan sebagai sesuatu yang sifatnya berlebih dari yang disyaratkan baik itu berupa hasil pekerjaan maupun material konstruksi yang tersisa/tercecer/rusak sehingga tidak dapat digunakan lagi sesuai fungsinya (J.R. Illingworth, 1998). Banyak faktor yang menjadi sumber terjadinya sisa material konstruksi, antara lain desain, pengadaan material, penanganan material, pelaksanaan, residu dan lain-lain misal pencurian (Gavilan dan Bemold, 1994). Material sebagai salah satu komponen penting yang memiliki pengaruh cukup erat dengan biaya suatu proyek, sehingga

dengan adanya sisa material konstruksi yang cukup besar dapat dipastikan terjadi pembengkakan pada sektor pembiayaan. Di samping itu, sisa material konstruksi juga berpengaruh kepada lingkungan. Sisa material konstruksi dapat menambah kuantitas dari sampah kota yang notabene tempat pembuangan (*landfill*) yang tersedia tidak cukup bagi kota-kota besar. Akibatnya beban lingkungan semakin bertambah. Hal ini diperparah apabila sisa material konstruksi merupakan mengandung bahan yang berbahaya bagi lingkungan misal logam berat, poli aromatik hidrokarbon (PAH), dsb.

Terkait dengan lingkungan, konsep berkelanjutan atau *sustainability* menjadi pertimbangan dalam bidang konstruksi. Menurut *World Commission on Environment and Development* (1987) definisi keberlanjutan (*sustainability*)

adalah kepastian manusia dalam memenuhi kebutuhan saat ini dengan mempertimbangkan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Salah satunya implementasinya adalah *sustainable building* dimana dalam penerapan kebijakannya berintegrasi dengan lingkungan, ekonomi dan sosial. Integrasi ketiganya terjadi saat proses perencanaan, pelaksanaan konstruksi dan operasi pemeliharaan suatu lingkungan terbangun (Y. Putra, 2004). Pokok-pokok proses di atas meliputi manajemen yang efisien terhadap energi dan sumber air, manajemen dari sumber material dan sampah material (*construction waste*), perlindungan terhadap kualitas lingkungan dan kualitas kesehatan komunitas. Berdasarkan hal tersebut, maka nampak jelas bahwa penanganan sisa material konstruksi atau sampah material konstruksi merupakan upaya pencapaian *sustainable building* dalam rangka pembangunan berkelanjutan.

Untuk itu sebagai langkah awal perlu dilakukan penelitian pendahuluan yang berkaitan dengan sisa material konstruksi terkait dengan identifikasi dan kuantifikasi sisa material konstruksi yang dominan pada suatu proyek konstruksi. Selanjutnya sisa material konstruksi yang dominan ini akan dikaji dampaknya terhadap lingkungan.

## TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan kuantitas sisa material konstruksi dominan yang timbul di proyek konstruksi. Selanjutnya akan dikaji dampak sisa material konstruksi dominan terhadap lingkungan.

Sampel penelitian adalah satu proyek pembangunan perumahan dan satu proyek hotel di kota Malang dimana material yang diteliti adalah bagian dari struktur bangunan *consumable material*.

## TINJAUAN PUSTAKA

Material yang digunakan dalam konstruksi dapat digolongkan dalam dua bagian besar (Gavilan dan Bemold, 1994), yaitu:

1. *Consumable material*, merupakan material yang pada akhirnya akan menjadi bagian dari struktur fisik bangunan, misalnya: semen, pasir, kerikil, batu bata, besi tulangan, baja, dan lain-lain.
2. *Non-consumable material*, merupakan material penunjang dalam proses konstruksi, dan bukan merupakan bagian fisik dari bangunan setelah bangunan tersebut selesai, misalnya: perancah, bekisting, dan dinding penahan sementara.

Menurut Tchobanoglous *et al*, 1976, sisa material konstruksi yang timbul selama pelaksanaan konstruksi dapat dikategorikan menjadi dua bagian yaitu:

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

Terjadinya sisa material konstruksi dapat disebabkan oleh satu atau kombinasi dari beberapa sumber dan penyebab. Gavilan dan Bemold (1994), membedakan sumber-sumber sisa material konstruksi atas enam kategori: (1) desain; (2) pengadaan material; (3) penanganan material; (4) pelaksanaan; (5) residual; (6) lain-lain. Hasil penelitian Bossink dan Browsers (1996) di Belanda, menyimpulkan sumber dan penyebab terjadinya sisa material konstruksi berdasarkan kategori yang telah dibuat oleh Gavilan dan Bemold (1994) adalah seperti tercantum pada **Tabel 1** di bawah ini.

**Tabel 1.** Sumber dan penyebab terjadinya sisa material konstruksi

Sumber	Penyebab
Desain	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kesalahan dalam dokumen kontrak</li> <li>▪ Ketidaklengkapan dokumen kontrak</li> <li>▪ Perubahan desain</li> <li>▪ Memilih spesifikasi produk</li> <li>▪ Memilih produk yang berkualitas rendah</li> <li>▪ Kurang memperhatikan ukuran dari produk yang digunakan</li> <li>▪ Desainer tidak mengenal dengan baik jenis-jenis produk yang lain</li> <li>▪ Pendetailan gambar yang rumit</li> <li>▪ Informasi gambar yang kurang</li> <li>▪ Kurang berkoordinasi dengan kontraktor &amp; kurang berpengetahuan tentang konstruksi</li> </ul>
Pengadaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kesalahan pemesanan, kelebihan, kekurangan, dsb.</li> <li>▪ Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil</li> <li>▪ Pembelian material yang tidak sesuai dengan spesifikasi</li> <li>▪ Pemasok mengirim barang tidak sesuai dengan spesifikasi</li> <li>▪ Kemasan kurang baik, menyebabkan terjadi kerusakan dalam perjalanan</li> </ul>
Penanganan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Material yang tidak dikemas dengan baik</li> <li>▪ Material yang terkirim dalam keadaan tidak padat/ kurang</li> <li>▪ Membuang atau melempar material</li> <li>▪ Penanganan material yang tidak hati-hati pada saat pembongkaran untuk dimasukkan ke dalam gudang</li> <li>▪ Penyimpanan material yang tidak benar menyebabkan kerusakan</li> <li>▪ Kerusakan material akibat transportasi ke/di lokasi proyek</li> </ul>
Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja</li> <li>▪ Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik</li> <li>▪ Cuaca yang buruk</li> <li>▪ Kecelakaan pekerja di lapangan</li> <li>▪ Penggunaan material yang salah sehingga perlu diganti</li> <li>▪ Metode untuk menempatkan pondasi</li> <li>▪ Jumlah material yang dibutuhkan tidak diketahui karena perencanaan yang tidak sempurna</li> <li>▪ Informasi tipe dan ukuran material yang akan digunakan terlambat disampaikan kepada kontraktor</li> <li>▪ Kecerobohan dalam mencampur, mengolah dan kesalahan dalam penggunaan material sehingga perlu diganti.</li> <li>▪ Pengukuran di lapangan tidak akurat sehingga terjadi kelebihan volume</li> </ul>
Residual	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi</li> <li>▪ Kesalahan pada saat memotong material</li> <li>▪ Kesalahan pesanan barang, karena tidak menguasai spesifikasi</li> <li>▪ Kemasan</li> <li>▪ Sisa material karena proses pemakaian</li> </ul>
Lain-lain	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kehilangan akibat pencurian</li> <li>▪ Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material</li> </ul>

Sumber : Bossink dan Browers, 1996

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti mengenai kuantitas sisa

material konstruksi yang terjadi di beberapa negara adalah sebagai berikut :  
1. Amerika Serikat

Gavilan dan Bernold (1994) menyajikan suatu studi empiris dengan meneliti 5 rumah di empat lokasi yang berbeda pada bulan Juni sampai Agustus 1992. Tiga jenis material bangunan yang diteliti adalah batu bata, kayu dan batu pecah. Data yang diperoleh menunjukkan sisa material konstruksi yang terjadi pada proyek bangunan rumah, disebabkan oleh sisa-sisa pemotongan material. Hal ini diduga ada hubungan yang kuat antara produktifitas yang rendah dengan besarnya sisa material konstruksi yang terjadi.

#### 2. Belanda

Bossink dan Browsers (1996) di Belanda mengadakan penelitian yang menitikberatkan pada pengukuran dan pencegahan sisa material konstruksi. Penelitian dilakukan pada 7 jenis material bangunan pada 5 bangunan rumah sejak April 1993 sampai Juni 1994. Diperoleh jumlah berat sisa material konstruksi antara 1 % sampai 10% terhadap berat material konstruksi. Sumbang saran para wakil kontraktor menyimpulkan bahwa penyebab utama terjadinya sisa material konstruksi, berhubungan dengan tahap desain, suplai material, penanganan dan penyimpanan yang kurang baik.

#### 3. Australia

Forsythe dan Marsden (1999) dalam S. Intan, dkk. (2005), mengajukan suatu model analisa pengaruh sisa material konstruksi terhadap biaya proyek, termasuk pemindahan dan pembuangan. Penelitian ini menganalisis 6 jenis bahan bangunan pada 15 rumah. Sisa material konstruksi yang terjadi antara 2,5 % sampai 22 % terhadap jumlah berat seluruh material.

#### 4. Brazil

Penelitian sisa material konstruksi yang dilakukan oleh Pinto (1989) dalam S.Intan, dkk. (2005), merupakan studi

kasus pada proyek apartemen. Dari 10 jenis material bangunan yang diteliti diperoleh total sisa material konstruksi yang terjadi sebesar 18 % berat terhadap jumlah seluruh material. Hasil penelitian antara tahun 1986 sampai 1987 pada 3 bangunan rumah tinggal, mencatat sisa material konstruksi yang terjadi relatif kecil, yaitu antara 11 % sampai 17% dari berat gedung atau sebesar 0,095 t/m<sup>2</sup> sampai 0,145 t/m<sup>2</sup>.

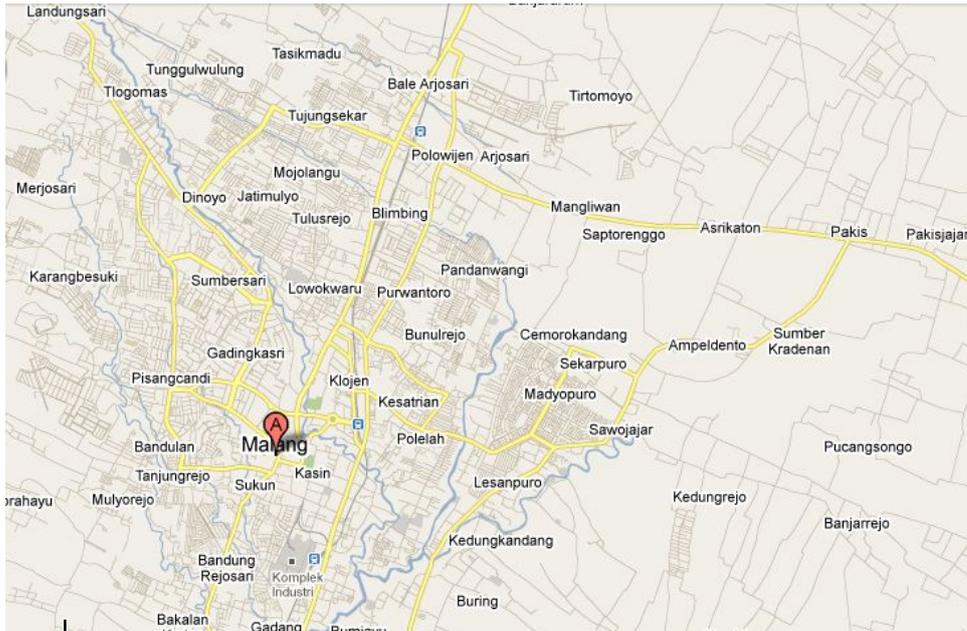
#### 5. Indonesia

Penelitian sisa material konstruksi dilakukan oleh S. Intan, dkk. (2005), merupakan studi kasus pembangunan sebuah komplek ruko di Surabaya. Dari 8 jenis material yang diteliti, serta dari hasil penyebaran kuesioner pada 13 proyek ruko di Surabaya dengan responden manajer lapangan, pengawas lapangan, pelaksana lapangan, dan mandor pada masing-masing proyek diperoleh kuantitas sisa material terbesar yaitu 12,51% berupa batu bata dan 11,39% berupa pasir.

Hasil penelitian lainnya oleh I.R Rahim, 2006 untuk pembangunan rumah tipe 36 di Makassar menunjukkan semen menjadi sisa material terbesar dengan penyebab utama sisa pekerjaan plesteran. Selain itu ada pula sisa kayu (pekerjaan bekisting), keramik (pemasangan), batubata (kesalahan dalam pembuatan dinding), cat (kesalahan dalam pengecatan dasar/meni), dan besi (kesalahan pengukuran).

### METODE

Penelitian sisa material konstruksi ini dilakukan di kota Malang, Jawa Timur dengan mengambil lokasi proyek di sebuah perumahan dan sebuah hotel tiga lantai. Adapun lokasi studi dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini.



**Gambar 1.** Lokasi studi

Penelitian diawali dengan pengumpulan data melalui pengamatan di lapangan, wawancara dan penyebaran kuisioner. Data yang diperlukan antara lain harga material, gambar rencana proyek, *Bill of Quantity* (BOQ). Untuk kuisioner, responden meliputi manajer lapangan, pengawas lapangan, pelaksana lapangan, dan mandor. Adapun secara garis besar isi kuisioner adalah :

- Data responden  
Meliputi identitas responden seperti nama, status di lapangan, lamanya bekerja, dan nama perusahaan.
- Bahan material  
Pertanyaan mengenai bahan material apa saja yang dominan menghasilkan sisa material konstruksi yang ditentukan dalam bentuk prosentase untuk masing-masing jenis material yang diteliti selama kegiatan konstruksi berlangsung.

Selain itu adapula pertanyaan tentang sumber dan faktor penyebab sisa material konstruksi dan manajemen material/minimisasi sisa material konstruksi yang tidak dibahas dalam jurnal ini.

Untuk menetapkan jenis *consumable material* yang akan diteliti,

konsep *Pareto's Law 20 – 80* diterapkan, yakni menetapkan jenis material yang akan diteliti yaitu 20% jenis material yang memiliki nilai sebesar 80% dari total nilai material rencana. Selanjutnya dilakukan analisis kuantitatif data untuk mendapatkan kuantitas sisa material konstruksi secara nyata di lapangan. Sisa material ini diperoleh dari perhitungan volume material siap pakai di lapangan dikurangi dengan volume material desain berdasarkan gambar rencana proyek dan *Bill Of Quantity* (BOQ), kemudian dikurangi dengan material sisa di lapangan yang masih bisa digunakan jika ada.

Selanjutnya data diuji secara statistik dengan menggunakan analisis regresi untuk mengetahui pengaruh variabel dependen (total sisa material konstruksi, Y) dengan satu atau beberapa variabel independen jenis material  $X_1 - X_n$  untuk mendapatkan variabel yang paling dominan (sisa material konstruksi yang paling dominan terhadap total sisa material konstruksi).

Dari hasil tersebut di atas, diperoleh sisa material konstruksi yang dominan dan akan dianalisis secara deskriptif tentang dampaknya terhadap lingkungan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Jenis sisa material konstruksi dominan

Untuk menetapkan jenis material yang akan diteliti berdasarkan konsep Pareto's Law, diperoleh 7 jenis material untuk perumahan : batu bata, pasir, kayu, genteng, besi, keramik dan semen. Untuk hotel diperoleh 11 jenis material yakni batu bata, pasir, strouss pile, triplek, beton ready mix, kayu meranti, semen, granit, besin beton, keramik dan pipa PVC.

Dari hasil tersebut di atas, dilakukan analisis kuantitatif sisa material

dengan jalan perhitungan volume material siap pakai di lapangan dikurangi dengan volume material desain berdasarkan gambar rencana proyek dan *Bill Of Quantity* (BOQ), kemudian dikurangi dengan material sisa di lapangan yang masih bisa digunakan jika ada. Hasil yang diperoleh adalah untuk perumahan dan hotel yang paling tinggi adalah batu bata dengan sisa material konstruksi berkisar 13,4 – 13,5 % sebagaimana ditabelkan pada **Tabel 2** berikut ini

**Tabel 2.** Prosentase Kuantitas Sisa Material Konstruksi

No	Jenis Material	Satuan	Volume material			Volume Sisa Material	Sisa Material (%)
			Siap Pakai	Sisa Stock	Desain		
<b>PERUMAHAN</b>							
1	Batu bata	Biji	570.163	876	501.655	67.632	13,482
2	Pasir pasang	m <sup>3</sup>	2.900	2	2.580	318	12,326
3	Kayu	m <sup>3</sup>	2.492	4,5	2.267	221	9,727
4	Genteng	Biji	38.340	163	34.875	3.392	9,726
5	Besi	Ljr	244	53,95	173,25	17	9,697
6	Keramik	m <sup>2</sup>	2.677,5	4,75	2.448	225	9,181
7	Semen	zak	1.500	83	1.323	94	7,105
<b>HOTEL</b>							
1	Batu bata	Biji	952.348	41.484	803.231	107.633	13,400
2	Pasir	m <sup>3</sup>	4.018	93	3.534	391	11,064
3	Strouss pile	m <sup>3</sup>	196	4	172	19	11,046
4	Triplek	Pcs	1.677	54	1.505	117	7,774
5	Beton Ready Mix	m <sup>3</sup>	1.929	36	1.784	109	6,110
6	Kayu meranti	m <sup>3</sup>	237	5	221	12	5,430
7	Semen	zak	11.806	231	11.044	530	4,799
8	Granit	m <sup>2</sup>	72	1	68	3	4,412
9	Besi beton	Kg	295.520	6.335	278.304	10.882	3,910
10	Keramik	m <sup>2</sup>	19.790	381	18.767	642	3,421
11	Pipa PVC	m	10.688	203	10.174	310	3,047

Nampak dari **Tabel 2** diatas batu bata memiliki sisa konstruksi yang paling besar. Untuk menguji sisa material konstruksi yang paling dominan digunakan analisis regresi. Sebagai contoh proyek perumahan dengan variabel dependen : total sisa material

konstruksi, Y dan variabel independen : batu bata ( $X_1$ ), keramik ( $X_2$ ), kayu ( $X_3$ ), besi ( $X_4$ ), pasir ( $X_5$ ), semen ( $X_6$ ) dan genteng ( $X_7$ ). Hasil yang diperoleh ditabelkan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4** berikut ini:

**Tabel 3.** Hasil analisis regresi pada proyek perumahan secara simultan

Model	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub>	Sig F
Regresi	7	109070,344	15581,478	44,817	2,084	0,000
Residual	124	43110,898	347,669			
Total	131	152181,242				

**Tabel 4.** Hasil analisis regresi pada proyek perumahan secara parsial

Variabel	B	Beta	t <sub>hitung</sub>	Sig t	Keterangan
Konstanta	34,204		1,720	0,088	
Batu bata ( $X_1$ )	2,292	0,470	8,181	0,000	Signifikan
Keramik ( $X_2$ )	1,209	0,190	2,296	0,041	Signifikan
Kayu ( $X_3$ )	1,391	0,194	2,298	0,023	Signifikan
Besi ( $X_4$ )	1,564	0,254	2,875	0,033	Signifikan
Pasir ( $X_5$ )	1,781	0,345	3,538	0,001	Signifikan
Semen ( $X_6$ )	1,205	0,186	2,269	0,043	Signifikan
Genteng ( $X_7$ )	1,536	0,250	2,845	0,036	

$t_{tabel} = 1,978$

$R = 0,847$

Intrepretasi data :

- Dari nilai  $F_{hitung}$  menunjukkan nilai sebesar 44,817 (signifikansi  $F = 0,000$ ). Jadi  $F_{hitung} > F_{tabel}$  ( $44,817 > 2,084$ ) dan tingkat signifikansi  $Sig F < 5\%$  ( $0,000 < 0,05$ ). Artinya bahwa secara bersama-sama ketujuh variabel bebas yang meliputi batu-bata, keramik, kayu, besi, pasir, semen dan genteng berpengaruh signifikan terhadap sisa total bahan bangunan.
- Dari nilai R menunjukkan nilai sebesar 0,847 atau 84,7%. Artinya bahwa sisa total bahan bangunan dipengaruhi sebesar 84,7% oleh ketujuh variabel bebas yang meliputi batu-bata, keramik, kayu, besi, pasir, semen dan genteng sedangkan sisanya 15,3% dipengaruhi oleh variabel lain di luar kelima variabel bebas tersebut.

- Persamaan regresi:  $Y = 34,204 + 2,292X_1 + 1,209X_2 + 1,391X_3 + 1,564X_4 + 1,781X_5 + 1,205X_6 + 1,536X_7$
- Dari nilai  $t_{hitung}$  menunjukkan bahwa variabel batu-bata nilai  $t_{hitung}$  sebesar 8,181 dengan probabilitas sebesar 0,000. Karena nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  ( $8,181 > 1,987$ ) dan tingkat signifikansi  $sig t < 5\%$  ( $0,000 < 0,05$ ) maka secara parsial batu-bata berpengaruh signifikan terhadap sisa total bahan bangunan. Karena koefisien regresi bertanda positif (2,292) mengindikasikan hubungan keduanya positif atau searah. Artinya, semakin tinggi nilai batu-bata akan mengakibatkan semakin tinggi pula sisa total bahan bangunan.
- Pengujian variabel independen yang paling dominan mempengaruhi variabel dependen dapat dilihat dari nilai koefisien regresi standar (koefisien

beta). Dari nilai beta diperoleh bahwa nilai tertinggi adalah nilai beta untuk batu-bata sebesar 0,470. Hal ini mengindikasikan bahwa variabel batu-bata berpengaruh paling dominan terhadap sisa total bahan bangunan.

Demikian pula untuk proyek hotel, sisa material konstruksi yang dominan adalah batu bata.

### **Penanganan dampak sisa material konstruksi dalam rangka mencapai *sustainable building***

Berdasarkan hasil penelitian, sisa material konstruksi yang dominan adalah batu bata. Pada proyek lokasi penelitian sisa material konstruksi batu bata ini digunakan untuk menimbun ruangan pada lantai basement hotel. Batu bata adalah material dengan durabilitas yang tinggi sehingga dapat digunakan kembali (*reuse*) setelah ada penghancuran bangunan (*demolition*). Namun penggunaan kembali dari batu bata bekas penghancuran relatif sulit karena sudah terkontaminasi dengan beton, mortar, plaster dan material lain seperti logam berat dan poli aromatik hidrokarbon (PAH). Pembuangan material ini ke *landfill* juga dapat menimbulkan kontaminasi ke tanah, air tanah dan air permukaan. Menurut *European Commission*, untuk batu bata yang murni tidak berdampak signifikan terhadap lingkungan bila dibuang ke *landfill* karena tidak mengkontaminasi tanah, air tanah dan air permukaan. Sisa yang dominan ini masih memungkinkan untuk digunakan kembali (*reuse*) dan didaur ulang (*recycle*). Beberapa pilihan penggunaan batu bata:

- a. Mengisi dan menstabilkan material untuk infrastruktur.  
Batu bata dapat digunakan untuk mengisi dan menstabilkan jalan kecil bahkan utama namun dengan lalu lintas yang tidak terlalu padat. Material ini cocok untuk daerah yang basah dan

umumnya material tidak dihancurkan terlebih dahulu. Material ini menggantikan material alami seperti pasir dan kerikil. Satu hal yang perlu diperhatikan adalah material harus bebas dari kontaminan yang mana melalui air lindi dapat menyebabkan polusi.

- b. Campuran untuk *in-situ*, beton pra cetak dan mortar.

Batu bata yang sudah dihancurkan dapat juga digunakan untuk menaikkan dan mengisi timbunan. Material ini dapat menggantikan material alami seperti pasir dan beban terhadap lingkungan akibat sisa konstruksi ini akan berkurang. Ukuran yang halus (0-4 mm) umumnya digunakan untuk timbunan dan ukuran yang lebih kasar untuk penggunaan yang lain misal campuran beton dan mortar.

- c. Campuran untuk batu bata kalsium silikat.

Batu bata yang sudah dihancurkan dapat digunakan untuk beton cetak sebagai pengganti pasir. Dampak lingkungan yang terjadi dalam proses ini adalah produksi debu selama penghancuran dan pengayakan. Problem ini dapat diminimalkan dengan penyiraman air.

- d. Media tanaman.

Batu bata ini dapat digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman. Batu bata dapat dicampur dengan bahan lain misal kompos organik untuk produksi tanaman. Salah satu contoh yang cocok untuk penggunaan media ini adalah *green roof*. Atap ditutup dengan membran polimer dan ditimbun dengan batu bata ini 10 – 30 cm. Porositas yang ada akan menahan air dimana tanaman dapat tumbuh dalam musim kemarau. Penggunaan

- warna yang terang akan menurunkan evaporasi dan meningkatkan kelembapan tanah. Kemungkinan penggunaan yang lain adalah mengisi material di sekitar akar pohon dimana akan memadatkan tanah dan menghalangi kemampuannya untuk mengabsorpsi udara dan air.
- e. Penggunaan lain.

Sisa batu bata dapat digunakan untuk bangunan baru yang lain. Efek pozzolan yang dimiliki yakni keberadaan silika reaktif membuat batu bata dapat membentuk campuran mengikat jika dicampur dengan kapur atau bahan yang mengandung kapur misal semen. Efek ini dapat digunakan di mortar dan beton.

Menurut Famoso *et al*, 2002, untuk faktor penyebab sisa material konstruksi berupa batu bata adalah volume bata yang kurang dan rusak pada saat menerima barang dan sisa pemotongan di lapangan. Selain penyebab lain dari sisa material konstruksi batu bata adalah sisa pemotongan, kerusakan akibat penempatan sementara yang tidak layak, kerusakan akibat kelalaian pekerja selama pelaksanaan pekerjaan dan kegagalan proyek (Poon *et al*, 2004). Cara meminimalisasi yang dapat dilakukan adalah meningkatkan sistem pengontrolan, mengurangi jumlah stok, merencanakan operasi pemotongan bata dan mengkoordinasikan model dalam desain (Famoso *et al*, 2002). Sedangkan menurut Poon *et al* (2004), cara preventif mengurangi sisa material konstruksi batu bata adalah menginstruksikan pekerja tentang penanganan dan penyimpanan batu bata secara layak misal tinggi maksimum penyimpanan batu bata, pekerjaan dan lingkungan penyimpanan yang rapi.

## KESIMPULAN

1. Sisa material konstruksi yang dominan adalah batu bata dimana untuk proyek perumahan sebesar 13,48% dan untuk proyek hotel sebesar 13,4%.
2. Batu bata murni tidak berdampak terhadap lingkungan, dimana sisa material konstruksi jenis ini masih dapat digunakan dan didaur ulang kembali.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bossink, B.A.G., H.J.H Brouwers. 1996. Construction waste : quantification and source evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*. pp 55-60
- Anonymous. <http://www.staywithclay.com>. The clay life cycle – demolition and recycling. Tiles and Bricks of Europe (TBE)
- Famoso, C.T. *et al*. 2002. Material waste in building industry : main causes and prevention. *Journal of Construction Engineering and Management*. pp 316-325
- Gavilan, R.M., L.E Bernold. 1994. Source evaluation of solid waste in building construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. pp 536-552
- Illingworth, J.R. 1998. Waste in the construction process.
- Intan, S. R.S Alifen, L. Arijanto. 2005. Analisa dan evaluasi sisa material konstruksi : sumber penyebab, kuantitas dan biaya. *Jurnal Dimensi Teknik Sipil* Vol 7 no 1 hal 36-45
- Poon, C.S., A.T Wan Yu., S.W. Wong, E. Cheung. 2004. Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong. *Journal Construction Management and Economics*. 22. pp 675-689
- Putra, Y. 2004. Perencanaan dengan konsep sustainable building (faktor penting dalam penerapan sustainable development). USU Repository 2006.
- Rahim, I.R. 2006. Penilaian waste material pada pelaksanaan proyek perumahan Tanjung Bunga Makasar. Tesis Pasca Sarjana- ITS, Surabaya
- Tchobanoglous, G. H. Theisen., S.A. Vigil. 1993. Integrated solid waste. McGraw-Hill. Inc, New Jersey
- World Commission on Environment and Development. 1987. Our common future. Oxford University Press, Oxford