ANALISIS FAKTOR PENYEBAB, USAHA MINIMALISASI DAN PROGRAM PERHITUNGAN SISA MATERIAL DINDING

Johannes Andrean Gunawan¹, Debi Christian², and Ratna S. Alifen³

ABSTRAK: Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju di bidang konstruksi, maka muncul inovasi baru untuk mempermudah proses pembangunan terutama pada material dinding. Yang semulanya hanya bata merah berkembang menjadi bata ringan, *M-Panel*, *GRC Board*, dan *Gypsum Board*. Penggunaan material dinding dalam proyek dapat menyebabkan terjadinya sisa material dinding. Sisa material dinding dapat disebabkan oleh beberapa faktor dan usaha untuk minimalisasi sisa material di lapangan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu *reduce*, *reuse*, dan *salvage*. Penelitian pertama dilakukan dengan pembagian kuesioner kepada perusahaan kontraktor rumah tinggal di Surabaya. Selain itu peneliti juga membuat program perhitungan sisa material yang bertujuan untuk membantu upaya minimalisasi sisa material dinding pada saat proyek masih pada tahapan desain. Hasil dari penelitian pertama, faktor penyebab sisa material dinding untuk bata merah adalah *transport & delivery waste* serta untuk bata ringan, *M-Panel*, *GRC Board*, dan *Gypsum Board* adalah *cutting waste*. Kontraktor sudah melakukan *reduce* untuk usaha minimalisasi sisa material dinding di lapangan. Hasil dari program perhitungan sisa material dapat mengurangi limbah konstruksi yang dihasilkan dan meminimalkan besar *contingency* yang diberikan di estimasi yang dilakukan oleh perusahaan konstruksi.

KATA KUNCI: *sustainable construction*, *3R+S*, sisa material, material dinding.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi, semakin berkembang juga material yang digunakan dalam konstruksi, termasuk material dinding. Saat ini terdapat berbagai macam pilihan material dinding untuk rumah atau bangunan.

Penggunaan material dalam proyek konstruksi dapat menimbulkan sisa material pada saat pelaksanaan. Sisa material yang terjadi dalam proyek konstruksi terjadi akibat kesalahan dalam perencanaan volume material, kesalahan dalam pembelian material, kesalahan dalam pemasangan, dan faktor – faktor lainnya yang dapat terjadi di proyek konstruksi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Sisa material yang terjadi dalam proyek konstruksi dapat berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap kelestarian lingkungan. Sisa material harus diminimalisasikan agar tidak menambah tempat pembuangan bahan – bahan sisa bangunan (*brownfield*). Jika dilihat dari aspek lingkungan, tanah akan menjadi rusak akibat dipergunakan sebagai tempat pembuangan bahan – bahan sisa bangunan. Untuk memperbaiki tanah yang rusak akibat dari limbah konstruksi dibutuhkan dana yang besar dan waktu yang lama. Para ahli di *United State of America* mengatakan bahwa untuk merehabilitasi “tanah yang terkontaminasi limbah konstruksi” di *United State of America* membutuhkan waktu sekitar 75 tahun dengan biaya sebesar US\$750 trilyun untuk memperkecil dampak lingkungan yang terjadi, maka timbul kesepakatan internasional dengan konsep *3R+S (Reduce, Reuse, Recycle dan Salvage)*. Oleh

¹ Mahasiswa, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Email: johannesandreangunawan@gmail.com

² Mahasiswa, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Email: debi_christ94@yahoo.com

³ Dosen, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Email: ralifen@archimetric.co.id

karena itu, saat ini para pelaku konstruksi harus meminimalisasikan sisa material yang terjadi dalam proyek konstruksi. Selain itu para pelaku konstruksi juga harus dapat meminimalisasi faktor penyebab terjadinya sisa material. Serta para pelaku konstruksi harus dapat memperhitungkan kuantitas material yang digunakan agar tidak terjadi kelebihan dan kekurangan dalam pengadaan material.

Pemilihan material dinding yang tepat juga dapat membantu mengurangi sisa material yang terjadi dalam proyek konstruksi, sehingga dapat mengurangi *brownfield* dan dampak lingkungan yang terjadi. Dalam penelitian sebelumnya, telah dibahas 2 material dinding yang paling umum digunakan yaitu bata konvensional dan bata ringan (Anilaputri, Yonatha, 2009).

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor – faktor penyebab timbulnya sisa material dinding dan mengetahui usaha yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi sisa material di lapangan. Penelitian ini juga menyediakan program perhitungan sisa material dinding yang berguna untuk mempermudah prediksi kebutuhan material dinding dan mengurangi sisa material berupa *conversion waste*.

Conversion waste adalah sisa material hasil potongan yang tidak sesuai dengan modularnya sehingga menyebabkan sisa yang tidak dapat digunakan dan menjadi sisa material.

Sampel penelitian adalah kontraktor rumah tinggal di Surabaya, sedangkan material yang diteliti adalah bata merah, bata ringan, MPANEL, GRC Board, dan Gypsum Board

2. LANDASAN TEORI

Sustainable Construction

Pada tahun 1992, dalam Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi telah dipublikasikan konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yang mencakup tiga pilar utama, yaitu: (1) Pembangunan ekonomi, (2) Pembangunan sosial, dan (3) Pelestarian lingkungan hidup. Ketiga pilar tersebut tidak mungkin dipisahkan, karena satu dengan lain saling terkait dan saling menunjang. Sebagai respon terhadap gerakan tersebut, dalam konferensi Bali yang diselenggarakan tahun 2007, Indonesia telah menyepakati untuk menurunkan konsentrasi CO₂ di udara sebesar 26% - 41% di akhir tahun 2020 (Ervianto, 2015).

Tujuan utama *sustainable construction* adalah penghematan bahan dan pengurangan limbah (bahan sisa) serta kemudahan pemeliharaan bangunan pasca konstruksi (LPJKN, 2007). Du Plessis (2002) menyatakan bahwa bagian dari *sustainable construction* adalah *green construction* yang merupakan proses holistik yang bertujuan untuk mengembalikan dan menjaga keseimbangan antara lingkungan alami dan buatan. Dalam kajian ini, yang dimaksud dengan definisi *green construction* adalah suatu perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang (Ervianto, 2013).

Pada kenyataannya, 80% sampah yang berasal dari timbunan sampah konstruksi dapat di-*recycle* antara lain kayu, beton, batu bata, logam, kaca, dan bahkan cat dapat memberi opsi untuk di-*recycle*. Contohnya kayu didaur ulang menjadi kayu partikel, beton dan batu bata dihancurkan dan diayak untuk meningkatkan daya dukung tanah sebagai tanah urug.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi sampah yang timbul pada waktu proses konstruksi. Cara-cara penanganan tersebut adalah 3R+S yaitu (1) *Reduce*, (2) *Reuse*, (3) *Recycle*, dan (4) *Salvage*.

Reduce

Reduce (pengurangan) adalah tindakan mengurangi sampah/sisa material konstruksi. *Reduce* dilakukan pada saat proses perencanaan dengan tujuan mencegah timbulnya sisa material pada saat pelaksanaan. *Reduce* terbagi menjadi dua cara, yaitu:

- *Prevention* (pencegahan), usaha yang dilakukan untuk mencegah penggunaan material yang dapat menghasilkan sisa material konstruksi. Tindakan *prevention* merupakan tindakan yang awal sebelum bangunan tersebut dibangun dan dapat dilakukan mulai saat tahap desain (Greenwood, 2004).

- *Minimalization* (minimalisasi), usaha yang dilakukan untuk mengurangi sisa material konstruksi dengan cara mempersiapkan (1) rencana penanganan sisa material konstruksi, (2) pelaksanaan yang sesuai dengan gambar bestek dan spesifikasi, (3) kerjasama dengan staf ahli yang berhubungan langsung dengan penanganan sisa material tersebut.

Reuse

Reuse (penggunaan ulang) adalah suatu tindakan menggunakan sisa material konstruksi kembali di lokasi proyek. Menggunakan sisa material selalu dianjurkan setiap saat karena dapat mencegah bertambahnya sampah. Banyak material bangunan yang dapat digunakan kembali sehingga dapat mengurangi sumber daya yang dikeluarkan seperti biaya, material dan tenaga.

Recycle

Recycle (daur ulang) adalah proses pengolahan sisa material konstruksi menjadi material konstruksi yang memiliki kualitas yang hampir sama dengan material yang baru. Merencanakan usaha *recycle* dapat dilakukan dengan pengenalan tentang keuntungan dari daur ulang dan cara-cara mendaur ulang kepada tiap pihak yang terkait dalam proyek juga tentang teknik pemisahan sisa material dan menentukan material yang dapat didaur ulang. Apabila dilihat dari sudut pandang kontraktor, suatu tindakan dapat dikatakan sebagai *recycle* jika kontraktor memiliki kesadaran untuk mengirim langsung sisa material konstruksi ke pihak pendaur ulang.

Proses daur ulang pada umumnya hanya dapat dilakukan terhadap material-material tertentu yang sifatnya dapat didaur ulang. Jenis sisa material yang dapat didaur ulang, seperti : karpet, aspal, beton, besi, cat, plastik, kayu, pipa PVC, pecahan beton, kertas *packaging*, *metal ferrous* (besi baja), *glasswool*, kaca, keramik, *metal non ferrous* (aluminium seng asbes).

Salvage

Salvage (sampah konstruksi) adalah suatu tindakan memindahkan sampah dan sisa material konstruksi dari lokasi proyek untuk dibuang ke TPA, dijual, atau disumbangkan kepada pihak ketiga. Pada proses *salvage*, sisa material yang dijual oleh kontraktor masih dapat digunakan kembali atau didaur ulang oleh pihak ketiga, namun kontraktor hanya berperan sebatas menjual sisa material konstruksi saja tanpa mengetahui tindakan lebih lanjut yang dilakukan pihak ketiga. Jenis sisa material yang merupakan *salvage*, seperti kaleng cat, spesi atau mortar, *gypsum*, residu semen, sisa pengecoran, tanah.

Sisa Material Konstruksi (Waste)

Sisa material konstruksi didefinisikan sebagai material yang sudah tidak digunakan yang dihasilkan dari proses konstruksi. Limbah konstruksi merupakan material yang dibuang, yang termasuk padat, cair, *semi-solid*, atau berisi material berupa gas, yang merupakan hasil konstruksi (Khadafi, 2008).

Jenis-Jenis Sisa Material Konstruksi

Menurut Skoyles (1976), sisa material konstruksi dapat digolongkan menjadi 2 bagian yaitu 14 jenis sisa material langsung (*Direct waste*) . Pada kajian ini, hanya dibahas 7 sisa material langsung (*Direct waste*) yang ada karena penulis berfokus kepada *direct waste* yang terjadi di lapangan akibat dari perilaku dan tindakan yang dilakukan di lapangan yang dapat menimbulkan *waste*. 6 *direct waste* diatas tidak dibahas dalam penelitian kali ini dikarenakan ke 6 *direct waste* tersebut tidak dominan atau tidak terjadi akibat dari perilaku para pekerja (tukang) di lapangan namun lebih condong kearah internal dari perusahaan kontraktor tersebut. Jenis-jenis sisa konstruksi yang dibahas dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. 14 Jenis Sisa Material Langsung dan 7 yang Dibahas

No	Direct Waste	Dibahas
1	Transport & delivery waste	v
2	Site storage waste	v
3	Internal site transit waste	v
4	Conversion waste	
5	Fixing waste	v
6	Cutting waste	v
7	Application & residu waste	v
8	Waste caused by other trades	
9	Criminal waste	
10	Waste due to wrong use	
11	Waste stemming from materials wrongly specified	
12	Learning waste	v
13	Waste due to the uneconomic use of plant	
14	Management waste	

Sumber dan Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Sisa Material Konstruksi

Terjadinya sisa material dapat disebabkan oleh kombinasi dari beberapa penyebab. Hasil penelitian Bossink dan Browsers akan digabungkan dengan hasil penelitian Ekanayake & Ofori (2000) menyimpulkan faktor-faktor penyebab terjadinya sisa material konstruksi, dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Sumber dan Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Sisa Material Konstruksi

Macam-macam penyebab berdasarkan sumbernya	B	E
1. Desain		
1. Kesalahan dalam dokumen kontrak	v	v
2. Ketidak lengkapan dokumen kontrak	v	v
3. Penambahan disain	v	v
4. Memilih spesifikasi produk	v	
5. Memilih produk yang berkualitas rendah	v	v
6. Kurang memperhatikan ukuran dari produk yang digunakan	v	v
7. Disainer tidak mengenal dengan baik jenis-jenis produk yang lain	v	v
8. Pendetailan gambar yang rumit	v	v
9. Informasi gambar yang kurang	v	v
10. Kurang berkoordinasi dengan kontraktor & kurang berpengetahuan tentang konstruksi	v	v
11. Disainer yang tidak berpengalaman dalam menentukan urutan dan metode konstruksi		v
2. Pengadaan		
1. Kesalahan pemesanan, kelebihan, kekurangan dan sebagainya	v	v
2. Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	v	
3. Pembelian material yang tidak sesuai dengan spesifikasi	v	v
4. Pemasok mengirim barang tidak sesuai spesifikasi	v	
5. Pengepakan kurang baik, menyebabkan terjadi kerusakan dalam perjalanan	v	
3. Penanganan Material		
1. Kerusakan akibat transportasi ke/di lokasi proyek	v	v
2. Penyimpanan yang keliru menyebabkan kerusakan	v	v
3. Material yang tidak di kemas dengan baik	v	
4. Membuang/melempar material	v	
5. Material yang terkirim dalam keadaan tidak padat/kurang	v	v
6. Penanganan yang tidak hati-hati pada saat pembongkaran	v	v
7. Material untuk dimasukkan ke dalam gudang	v	
8. Menggunakan material apa saja untuk keperluan menutup tempat kerja		v

(Sumber : Bossink, 1996 & Ekanayake, 2000)

Tabel 2. Sumber dan Faktor-Faktor Penyebab Terjadinya Sisa Material Konstruksi (Lanjutan)

Macam-macam penyebab berdasarkan sumbernya	B	E
4. Pelaksanaan		
1. Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja	v	v
2. Kerusakan pekerjaan karena kurang terampil		v
3. Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik	v	v
4. Cuaca yang buruk	v	v
5. Kecelakaan pekerja di lapangan	v	v
6. Penggunaan material yang salah sehingga perlu diganti	v	v
7. Jumlah yang dibutuhkan tidak jelas karena perencanaan tidak jelas		v
8. Informasi yang terlambat sampai ke kontraktor mengenai tipe dan ukuran material		v
9. Metode untuk menempatkan pondasi	v	
5. Residual (Sisa)		
1. Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi	v	
2. Kesalahan pada saat memotong material	v	
3. Kesalahan pesanan barang, karena tidak menguasai spesifikasi	v	
4. Pengepakan	v	
5. Sisa material karena proses pemakaian	v	

(Sumber : Bossink, 1996 & Ekanayke, 2000)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur meliputi material yang digunakan pada material dinding bersangkutan, yaitu : Bata Merah, Bata Ringan, MPanel, *GRC Board*, *Gypsum Board*.

Peneliti menggunakan 2 cara untuk memperoleh data yang dibutuhkan, yaitu : kuesioner & pembuatan program perhitungan *conversion waste* yang berguna untuk usaha minimalisasi sisa material dinding pada tahapan desain. Kuesioner ditujukan kepada kontraktor rumah tinggal yang memiliki 3 bagian yang membahas:

- 1) Data responden,
- 2) Faktor-faktor penyebab terjadinya *direct waste* material dinding,
- 3) Usaha minimalisasi sisa material dinding di lapangan.

Bagian kedua, yaitu kuesioner faktor penyebab terjadinya sisa material konstruksi berdasarkan jenis sisa material. Adapun penyebab sisa material konstruksi berdasarkan jenis sisa material yang akan dibahas dalam penelitian ini terdapat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Penyebab Sisa Material Konstruksi Berdasarkan Jenis Sisa Material

Penyebab	Sumber
1. <i>Transport & delivery waste</i>	
1. Kesalahan pemesanan, kelebihan, kekurangan dan sebagainya	Pengadaan
2. Material rusak saat perjalanan karena pengemasan yang buruk	Pengadaan
3. Material yang terkirim dalam keadaan tidak padat/kurang	Penanganan
4. Penanganan yang tidak hati-hati pada saat pembongkaran	Penanganan
2. <i>Site storage waste</i>	
1. Material tidak dapat di pesan dalam jumlah kecil	Pengadaan
2. Material rusak karena penyimpanan keliru	Penanganan
3. Material tidak di kemas dengan baik	Penanganan
4. Manajemen penyimpanan material dinding buruk	Penanganan
3. <i>Internal site transit waste</i>	
1. Material dinding rusak karena pemindahan di lokasi proyek	Penanganan
2. Membuang/melempar material	Penanganan
3. Buruknya pengontrolan material di proyek	Lain - lain
4. Pengaturan manajemen terhadap sisa material	Lain - lain

Tabel 3. Penyebab Sisa Material Konstruksi Berdasarkan Jenis Sisa Material (Lanjutan)

Penyebab	Sumber
4. <i>Application & residu waste</i> 1. Penggunaan material secara sembarangan 2. Peralatan yang tidak berfungsi dengan baik 3. Cuaca yang buruk 4. Keterlambatan informasi mengenai tipe dan ukuran material	Penanganan Pelaksanaan Pelaksanaan Pelaksanaan
5. <i>Cutting waste</i> 1. Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi 2. Kesalahan pada saat memotong material 3. Sisa material karena proses pemakaian	Residual Residual Residual
6. <i>Fixing waste</i> 1. Kualitas material tidak sesuai dengan spesifikasi 2. Supplier mengirim barang tidak sesuai spesifikasi 3. Penggunaan material yang salah sehingga perlu diganti	Pengadaan Pengadaan Pelaksanaan
7. <i>Learning waste</i> 1. Kerusakan pekerjaan karena kurang terampil 2. Pekerja yang kurang terampil 3. Kecelakaan kerja saat memindahkan/memasang material dinding 4. Kebutuhan material tidak jelas karena perencanaan tidak jelas	Pelaksanaan Pelaksanaan Pelaksanaan Pelaksanaan

Bagian yang ketiga akan membahas data mengenai usaha minimalisasi (*Reduce, Reuse, Recycle* dan *Salvage*) sisa material. Di dalam penelitian ini usaha *Recycle* digabungkan dengan usaha *Salvage* karena kontraktor hanya bisa melakukan usaha *Salvage* yang nantinya bisa dilakukan usaha *recycle* oleh pihak lain. *Reduce, Reuse, Recycle* dan *Salvage*.

Peneliti membuat program perhitungan *conversion waste* untuk material dinding pada proyek rumah tinggal dengan menghitung sisa material dinding yang dihasilkan. Program ini berguna untuk menghitung sisa material yang terbuang karena modular yang tidak sesuai sehingga dapat mempertimbangan modular untuk usaha minimalisasi pada tahapan desain.

Pada proses pengolahan data penelitian mencakup 3 bagian yang mencakup: (1) Pengolahan data responden secara deskriptif serta rata-rata persentase *contingency* materialnya, (2) Analisis data kuesioner faktor penyebab terjadinya sisa material dinding berupa *direct waste*, dan (3) Analisis data kuesioner mengenai usaha minimalisasi sisa material dinding di lapangan. Data akan dianalisis dengan perhitungan nilai *mean* (rata-rata) yang menggunakan skala satu hingga empat dengan rumus :

$$Mean = \frac{[(\sum_{i=1}^n N1 \times 1) + (\sum_{i=1}^n N2 \times 2) + (\sum_{i=1}^n N3 \times 3) + (\sum_{i=1}^n N4 \times 4)]}{\sum_{i=1}^n Ni}$$

Dimana :

- $\sum N1$ = Jumlah data responden yang memilih skala satu
- $\sum N2$ = Jumlah data responden yang memilih skala dua
- $\sum N3$ = Jumlah data responden yang memilih skala tiga
- $\sum N4$ = Jumlah data responden yang memilih skala empat
- $\sum Ni$ = Jumlah total data responden

4. HASIL DAN ANALISIS DATA

Hasil dan analisis kuesioner membahas faktor penyebab sisa material dinding dan usaha minimalisasi sisa material dinding di lapangan dengan penyebaran kuesioner kepada kontraktor perumahan di Surabaya Barat, Timur dan Selatan. Serta membuat program perhitungan *conversion waste* untuk membantu meminimalisasi sisa material yang berupa *cutting waste* dan *fixing waste*.

Proses yang dilakukan oleh program perhitungan *conversion waste* adalah memasang setiap material yang dipilih dan dipasang dari kiri bawah dinding, hingga ke kanan atas serta dipotong untuk menyesuaikan modular dinding dengan batasan-batasan tertentu. Sisa potongan material yang ada akan dicoba untuk digunakan kembali untuk pemasangan. Sisa potongan material yang tidak dapat digunakan lagi akan menjadi sisa material konstruksi berupa *direct waste*.

Hasil program perhitungan *conversion waste* adalah (*output*):

- 1) Potongan modular material beserta jumlah kebutuhannya
- 2) Jumlah seluruh kebutuhan material, volume seluruh kebutuhan material dan volume sisa material *direct & indirect waste*
- 3) Persentase sisa material terhadap kebutuhan material

Berdasarkan *contingency rate*, dapat dibandingkan hasil perhitungan program dengan perkiraan *contingency rate* dari perusahaan kontraktor yang didapat dari kuesioner yang hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil kuesioner Contingency Rate

<i>Contingency</i>	Persen (%)
Bata Merah	58,28
Bata Ringan	36,40
<i>M-panel</i>	20,71
<i>GRC Board</i>	12,71
<i>Gypsum Board</i>	24,58

5. KESIMPULAN

Faktor – faktor penyebab sisa material yang ditinjau mulai dari pengadaan hingga pelaksanaan yang ada di lapangan, dapat dilihat faktor *direct waste* terbesar yang sering menjadi penyebab sisa material dinding pada dinding bata merah, bata ringan, *M-Panel*, *GRC Board*, dan *Gypsum Board* dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Perbandingan Faktor Terbesar Penyebab Sisa Material Dinding

Jenis Sisa Material	Material Dinding				
	Bata Merah	Bata Ringan	Mpanel	GRC Board	Gypsum Board
<i>Transportation & Delivery Waste</i>	**			*	*
<i>Site Storage Waste</i>					
<i>Intenal Site Transit Waste</i>					
<i>Fixing Waste</i>					
<i>Cutting Waste</i>	*	**	**	**	**
<i>Application & Residu Waste</i>		*	*		
<i>Learning Waste</i>					

Keterangan : (*) = Faktor Terkecil
(**) = Faktor Terbesar

Jenis sisa material dinding untuk (1) bata merah yang sering terjadi adalah *Transport & Delivery Waste* dan yang jarang terjadi adalah *Cutting Waste*. (2) bata ringan yang sering terjadi adalah *Cutting Waste* dan yang jarang terjadi adalah *Application & Residu Waste*. (3) *M-Panel* yang sering terjadi adalah *Cutting Waste* dan yang jarang terjadi adalah *Application & Residu Waste*. (4) *GRC Board* yang sering terjadi adalah *Cutting Waste* dan yang jarang terjadi adalah *Transport & Delivery Waste*. (5) *Gypsum Board* yang sering terjadi adalah *Cutting Waste* dan yang jarang terjadi adalah *Transport & Delivery Waste*.

Dari hasil diatas, dapat dilihat untuk memperkecil nilai *contingency* perlu dilakukan usaha untuk memperkecil faktor penyebab yang paling berpengaruh sisa yaitu faktor terbesar yang dapat dilihat pada tabel diatas.

Usaha minimalisasi sisa material dinding di lapangan yang paling banyak dilakukan oleh kontraktor terhadap sisa material dinding adalah *reduce*. Hal ini disebabkan karena *reduce* dilakukan untuk

mencegah timbulnya sisa material dinding pada saat pelaksanaan, sedangkan *reuse* dan *salvage* dilakukan pada saat terjadinya sisa material dinding pada pelaksanaan terlihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Perbandingan Usaha Minimalisasi Sisa Material Dinding di Lapangan

Usaha Minimalisasi	Material Dinding				
	Bata Merah	Bata Ringan	Mpanel	GRC Board	Gypsum Board
<i>Reduce</i>	√	√	√	√	√
<i>Reuse</i>	√	√			
<i>Recycle & Salvage</i>					

Keterangan : (√) = Usaha Minimalisasi Sisa Material yang Dilakukan

Usaha minimalisasi sisa material dinding yang sering dilakukan oleh kontraktor untuk material (1) bata merah adalah *Reduce* dan *Reuse*. (2) bata ringan adalah *Reduce* dan *Reuse*. (3) *MPanel* adalah *Reduce*. (4) *GRC Board* adalah *Reduce*. (5) *Gypsum Board* adalah *Reduce*.

6. DAFTAR REFRENSI

- Anilaputri, Ernie dan Amelia Yonatha (2009). *Perbandingan Sisa Material antara Dinding Bata Konvensional dengan Dinding Bata Ringan Pada Proyek Perumahan*
- Bossink, A.G., & Brouwers, H. J. H. (1996). *Construction waste: quantification and source evaluation. Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 122, 55-60.
- Ekanayake, L.L. and Ofori, G. (2000), *Construction Material Waste Source Evaluation. Proceedings of the 2nd Southern African Conference on Sustainable Development in the Built Environment*, Pretoria, South Africa, 1 – 6.
- Ervianto, W.I. (2015). *Inplementasi Green Construction sebagai Upaya Mencapai Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia*, hlm.2-3
- Ervianto, W.I. (2013). *Kajian Faktor Green Construction Infrastruktur Jalan Berdasarkan Sistem Rating Greenroad dan Invest (013K)*, hlm. K-24
- Greenwood, Rubina. (2004). *Construction Waste Minimization*. Cardiff University, Wales, United Kingdom
- Khadafi, Muhammad. (2008). *Analisis Penggunaan Aplikasi Software Optimasi Waste Besi pada Pekerjaan Struktur Beton Bertulang Proyek XYZ*, hlm. 37-48
- Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi Nasional (2007). *Konstruksi Indonesia 2030 untuk Kenyamanan Lingkungan Terbangun*, Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi Nasional, Jakarta.
- Plessis, D., Chrisna, Edit. (2002), *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries' Pretoria: Capture Press*.