

ANALISA SISA MATERIAL PADA PEKERJAAN STRUKTUR KONSTRUKSI BETON BERTULANG

Erich Quincy Chaise¹, Kevin Stefanus Lians² dan Ratna Setiawardani Alifen³

ABSTRAK : Pembangunan struktur konstruksi beton bertulang tidak lepas dari sisa material yang akan terjadi di lapangan. Material beton bertulang terdiri dari: 1) semen, 2) pasir, 3) batu pecah/kerikil, 4) beton *ready-mix*, 5) besi beton, dan 6) bekisting. Banyaknya sisa material beton bertulang dapat mengakibatkan pencemaran pada kondisi lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis *direct waste*, faktor penyebab, serta usaha manajemen material dan sisa material pada pekerjaan beton bertulang. Penelitian ini dilakukan dengan membagikan kuesioner kepada kontraktor proyek *high-rise building* dan *low-rise building* secara *online* dan *offline*. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa jenis sisa material yang paling sering terjadi pada material beton bertulang adalah akibat “*uneconomic used waste*”. Faktor penyebab sisa material beton bertulang paling sering terjadi adalah pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil, sisa dari pemakaian atau penggunaan material, dan perubahan desain, sedangkan usaha manajemen material dan sisa material yang paling sering adalah usaha *reduce*.

KATA KUNCI: sisa material, beton bertulang, pekerjaan struktur

1. PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi selalu berhubungan dengan berbagai macam material yang dieksploitasi dari alam melalui proses pengolahan. Eksploitasi alam yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan bumi. Setiap tahun, angka pembangunan konstruksi terus meningkat di Indonesia untuk kategori bangunan tinggi maupun bangunan rendah. Setiap pembangunan konstruksi tidak dapat terlepas dari sisa material baik secara *direct waste* maupun *indirect waste*. Begitu banyak energi dan sumber daya alam yang dihabiskan untuk membangun proyek konstruksi, sehingga menjadi tanggung jawab kontraktor sebagai pelaku konstruksi untuk memikirkan cara meminimalisasi sisa material yang terjadi akibat pembangunan konstruksi. Kontraktor perlu melakukan upaya manajemen minimalisasi sisa material dengan melakukan pengurangan pemakaian material (*reduce*), penggunaan kembali material sisa (*reuse*), dan pengolahan kembali material dengan daur ulang (*recycle*). *Reduce, reuse, dan recycle* merupakan upaya agar dapat menggunakan material sebaik mungkin sebelum material menjadi sisa material (*salvage*) berupa sampah bumi. Konstruksi beton bertulang menggunakan berbagai macam campuran material yang dieksploitasi dari alam antara lain semen, pasir, air, besi beton, batu, besi beton, dan kayu. Pada saat pembangunan, beton bertulang dapat menghasilkan sisa material berupa campuran beton *ready mix* atau *site mix* yang tidak terpakai, sisa besi beton, sisa kawat beton, dan bekisting kayu.

2. MATERIAL PADA BETON BERTULANG

Beton bertulang adalah material konstruksi yang umum digunakan dalam pembangunan konstruksi. Telah dilaporkan bahwa lebih dari 25 miliar ton beton diproduksi setiap tahun di seluruh dunia. Hal ini menyebabkan konsumsi semen global adalah 2,9 miliar ton per tahun dan diperkirakan akan meningkat

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21416118@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21416105@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, alifrat@petra.ac.id

menjadi 4 miliar ton pada tahun 2020 (Chana,2011). Karena kelimpahannya di pasar dunia, memahami implikasi lingkungan dari pembuatan beton dan semen menjadi semakin penting. Beton merupakan campuran dari agregat halus (pasir) (20%-30%), agregat kasar (kerikil) (40%-45%), semen (10%-15%), air (3%-6%) dan bahan kimia tambahan (*admixture*). Semen merupakan salah satu penyebarkan karbondioksida (CO₂) terbesar, yakni menciptakan 8% dari emisi gas buatan manusia diseluruh dunia, dimana 50% berasal dari proses kimia dan 40% dari pembakaran bahan bakar. CO₂ yang diproduksi pada beton dengan semen 14% diperkirakan hingga 410 kg/m³. Apabila pengolahan semen sebanyak 1 ton per hari maka sebanyak hampir 1 ton CO₂ yang dikeluarkan dan hal ini berdampak sangat besar pada lingkungan. Dapat disimpulkan bahwa produksi beton bertulang tidak hanya memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dalam emisi karbon dioksida namun juga bertanggung jawab atas menipisnya sumber daya energi fosil yang berharga di dunia. Hal ini dapat membantu menghemat energi dan meminimalkan jumlah penyebaran gas CO₂.

3. SISA MATERIAL KONSTRUKSI

Sisa material adalah sesuatu yang tidak terpakai/terbuang/tidak efisien hasil atau akibat peralatan, material, tenaga kerja, atau biaya dalam jumlah cukup besar yang dipertimbangkan dalam proses pembangunan (Garas et al, 2001).

Construction waste adalah sisa material konstruksi yang berasal dari material yang digunakan sesuai dengan jenis pekerjaan selama pelaksanaan konstruksi, renovasi, pembersihan pada pelaksanaan proyek. (Skoyles, 1976) *Construction waste* yang paling sering terjadi pada proyek adalah *direct waste*.

Direct waste adalah sisa material yang timbul di proyek karena rusak dan tidak dapat digunakan lagi. Jenis *direct waste* terdiri dari:

- *Transport and delivery waste*
Yaitu sisa material yang terjadi pada saat melakukan pengiriman material kedalam lokasi proyek, termasuk pembongkaran dan penempatan material pada tempat penyimpanan.
- *Site storage waste*
Yaitu sisa material yang terjadi akibat penumpukan penyimpanan material pada tempat yang tidak sesuai. Misalnya: semen seharusnya disimpan pada tempat yang tertutup yang terhindar dari sinar matahari agar menjaga kualitasnya.
- *Conversion waste*
Yaitu sisa material yang terjadi karena dimensi *site* tidak sesuai dengan modular material sehingga membutuhkan konversi.
- *Fixing waste*
Yaitu sisa material yang terjadi akibat perbaikan, seperti material yang rusak atau terbuang selama pekerjaan perbaikan di lapangan.
- *Cutting waste*
Yaitu sisa material yang terjadi karena pemotongan bahan berdasarkan desain bangunan, seperti besi beton.
- *Application and residue waste*
Yaitu sisa material yang terjadi karena pemakaian bahan yang tidak rapi. Misalnya: pada saat mengecor dengan *site-mix*, terjadi beton yang tercecer pada saat pelaksanaan.
- *Uneconomic used waste*
Yaitu sisa material yang terjadi karena kelebihan pemakaian volume material sehingga terjadi keborosan.
- *Management waste*
Yaitu sisa material yang disebabkan karena kurangnya manajemen proyek dan kurang perhatiannya pengawas proyek.
- *Criminal waste*
Yaitu sisa material yang terjadi karena adanya tindakan perusakan di lokasi proyek.

- *Waste due to materia incorrect specified*
Yaitu sisa material yang terjadi karena kesalahan spesifikasi volume yang tidak sesuai dengan perhitungan *bill of quantity*.
- *Learning waste*
Yaitu sisa material yang terjadi karena pekerja yang masih belum ahli.

4. FAKTOR PENYEBAB TERJADINYA SISA MATERIAL

Ada beberapa sumber yang dapat menyebabkan sisa material konstruksi di lapangan. Gavilan dan Bernold (1994) meneliti sumber dari penyebab material konstruksi menjadi 6 kategori, yaitu: 1) Desain, 2) Pengadaan material, 3) Penanganan material, 4) Pelaksanaan, 5) Residual (sisa), 6) Lain-lain. Menurut Bossink (1996) dan Urio (2006), faktor dan penyebab sisa material konstruksi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Faktor dan Penyebab Sisa Material Konstruksi

No	Sumber	Faktor Penyebab Sisa Material	Sumber Referensi	
			1	2
1	Desain	Perubahan desain	X	X
2		Kesalahan dalam dokumen kontrak	X	X
3		Kurangnya koordinasi pada tahap desain proyek		X
4	Pengadaan	Pemesanan tidak dapat dilakukan jumlah kecil	X	X
5		Kesalahan pemesanan atau kelebihan	X	X
6		Kesalahan supplier	X	X
7		Buruknya tempat penyimpanan material		X
8	Penanganan	Material dikirim tidak dalam keadaan utuh	X	X
9		Tidak hati-hati saat pembongkaran	X	
10		Kerusakan saat transportasi ke proyek		X
11	Pelaksanaan	Kesalahan pekerja	X	X
12		Masalah karena peralatan rusak	X	X
13		Cuaca yang buruk	X	X
14		Kecelakaan kerja	X	X
15		Kurangnya pengawasan di lapangan		X
16	Residual	Sisa dari penggunaan atau pemakaian material	X	X
17		Kesalahan pada saat pemotongan material	X	X
18	Lain-lain	Sisa karena sengaja dirusak		X

Sumber referensi: 1= Bossink dan Browners (1996), 2= Urio dan Brent (2006)

5. MANAJEMEN MATERIAL DAN SISA MATERIAL

Banyaknya penyebab sisa material konstruksi, maka diperlukan manajemen material konstruksi untuk meminimalkan sisa material. Manajemen material dan sisa material menggunakan konsep *waste hierarchy*. *Waste hierarchy* terdiri dari 3R+1S yaitu *reduce* (mengurangi), *reuse* (penggunaan kembali), *recycle* (daur ulang), dan *salvage* (sampah). (Samsidi dan Kokasih, 2009).

Manajemen sisa material dilakukan ketika *reduce*, *reuse*, dan *recycle* tidak dapat dilakukan. Sehingga menyebabkan terjadinya sisa material dan dilakukan *salvage*. Manajemen sisa material dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan lingkungan akibat sisa material yang tidak dapat digunakan lagi. Menurut Setyanto (2010), Prayogo (2009), Intan (2005), Tumbelaka (2016) dan Samsidi (2009), usaha manajemen material dan sisa material dapat disimpulkan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2 Usaha Manajemen Material dan Sisa Material

No	Usaha	Manajemen Material dan Sisa Material	Sumber Referensi				
			1	2	3	4	5
1	Reduce	Pemantauan terhadap material yang diterima	X		X		
2		Peningkatan keamanan untuk mencegah kehilangan	X				
3		Penyediaan fasilitas penyimpanan material yang baik	X		X		
4		Penanganan material dilakukan oleh pihak ahli	X		X	X	
5		Memindahkan muatan material secara hati-hati	X				
6		Mengatur jadwal pengiriman		X	X		
7		Memilih <i>supplier</i> yang kompeten		X	X		
8		Memperhatikan cuaca bila terjadi hujan saat pengecoran		X			
9		Memakai tukang yang ahli & berpengalaman			X	X	
10		Menata site sebaik mungkin			X		
11		Membuat perencanaan metode kerja				X	
12	Reuse	Pemanfaatan material sebagai fungsi lain					X
13		Pemanfaatan material untuk proyek/pekerjaan mendatang					X
14	Recycle	Pengelolaan kembali oleh pihak ketiga					X
15	Salvage	Buang sisa material ke TPA					X
16		Pekerja diijinkan mengambil sisa material					X

Sumber referensi: 1= Setyanto (2010), 2= Prayogo (2009), 3= Intan (2004), 4= Tumbelaka (2016), 5= Samsidi (2009)

6. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan membagi kuesioner pada kontraktor *high-rise building* dan *low-rise building* secara *online* dan *offline*. Hasil pembagian kuesioner akan didapatkan data berupa jenis *direct waste* terbanyak, faktor penyebab utama sisa material beton bertulang dan usaha manajemen material dan sisa material yang paling sering dilakukan pada pekerjaan struktur beton bertulang di lapangan. Pembagian kuesioner dilakukan pada 15 Mei 2020 hingga 7 Juni 2020. Akhirnya peneliti memperoleh data sebanyak 64 responden dari 25 kontraktor, yang terdiri dari 38 responden dari 4 kontraktor *high-rise building* dan 26 responden dari 21 kontraktor *low-rise building*.

7. TEKNIK ANALISIS DATA KUESIONER

Pada kuesioner jenis *direct waste*. Peneliti melakukan pengelompokan dan mencatat jumlah frekuensi setiap data. Pada kuesioner faktor penyebab sisa material dan manajemen material & sisa material memiliki bobot skala pada setiap indikator dalam kuesioner. Setelah mencatat jumlah masing-masing frekuensi bobot skala setiap indikator, peneliti akan melakukan analisa rata-rata (*mean*) pada bobot skala setiap indikator untuk mengetahui *mean* tertinggi hingga terendah.

Analisa Nilai *Mean*:

$$Me = \frac{\sum Xi fi}{\sum fi}$$

Keterangan:

Me = Nilai rata-rata (*mean*)

fi = Jumlah responden setiap data ke-i

Xi = Nilai bobot data ke-i

$\sum fi$ = Jumlah total responden

Dari analisa nilai *mean*, akan didapatkan nilai *mean* bobot masing-masing data. Kemudian didapat data yang memiliki *mean* bobot tertinggi.

8. HASIL DAN ANALISIS DATA RESPONDEN

Hasil dan analisis Material beton bertulang yang diteliti meliputi: 1) Semen, 2) Pasir, 3) Batu pecah/Kerikil, 4) Beton Ready-mix, 5) Besi beton dan 6) Bekisting.

8.1 Jenis *Direct Waste*

Melalui hasil kuesioner responden mengenai jenis *direct waste*, peneliti dapat mengetahui jenis *direct waste* yang seringkali terjadi pada material beton bertulang. Presentase jenis *direct waste* pada material beton bertulang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Presentase Jenis *Direct Waste* pada Material Beton Bertulang

Jenis Sisa Material	Material Beton Bertulang					
	Semen	Pasir	Kerikil	<i>Ready-Mix</i>	Besi Beton	Bekisting
<i>Transport&delivery</i> : pemindahan material	31%	84%	72%	39%	22%	36%
<i>Site storage</i> : penyimpanan yang tidak baik	58%	39%	41%	16%	39%	38%
<i>Conversion</i> : dimensi <i>site</i> tidak sesuai dengan modular	8%	31%	28%	39%	58%	63%
<i>Fixing</i> : sisa material akibat perbaikan	52%	45%	34%	45%	50%	33%
<i>Cutting</i> : pemotongan material	14%	14%	11%	19%	88%	55%
<i>Application&residue</i> : pemakaian yang kurang rapi	41%	25%	25%	27%	45%	73%
<i>Uneconomic used</i> : pemakaian yang boros karena lalai	70%	63%	47%	39%	53%	56%
<i>Management</i> : kurangnya manajemen dan pengawasan	39%	41%	34%	48%	63%	56%
<i>Criminal</i> : perusakan	30%	6%	6%	17%	52%	45%
<i>Incorrect specified</i> : kesalahan spesifikasi	13%	8%	13%	58%	64%	36%
<i>Learning</i> : pekerja masih belum ahli	19%	17%	17%	31%	61%	64%

Berdasarkan hasil analisis data pada **Tabel 3**, dapat dijelaskan bahwa:

- 1) **Semen** seringkali mengalami *uneconomic used waste* karena banyaknya pemakaian material semen yang boros karena kesalahan dan kelalaian pekerja. *Site storage waste* pada semen diakibatkan semen disimpan pada tempat yang lembab sehingga semen dapat menyerap kelembapan itu akibatnya semen akan mengeras dan tidak dapat digunakan lagi. *Fixing waste* pada semen terjadi karena banyaknya kesalahan pekerjaan sehingga perlu perbaikan.
- 2) **Pasir** seringkali terjadi *transport and delivery waste*, karena Pasir sering terjadi *transport and delivery waste*, karena bentuk ukuran yang kecil (2mm-5mm) maka seringkali tercecer dan bercampur ke dalam tanah ketika melakukan pemindahan material. *Uneconomic used waste* pada pasir disebabkan karena pemakaian material pasir yang boros.
- 3) **Batu pecah/kerikil** sering terjadi *transport and delivery waste* karena tercecer dengan tanah saat melakukan pemindahan material.
- 4) **Beton Ready-mix** dapat terjadi *incorrect specified waste* karena spesifikasi volume yang tidak sesuai dengan perhitungan pada *bill of quantity*, terutama pada saat pekerjaan pengecoran pondasi, karena pondasi merupakan sub-struktur sehingga lebih sulit untuk diprediksi besar volumenya. *Incorrect specified waste* juga dapat disebabkan karena kesalahan *supplier* beton ready-mix.
- 5) **Besi Beton** seringkali terjadi *cutting waste* saat pekerjaan pembesian karena banyaknya potongan-potongan pendek pada besi beton yang tidak bisa digunakan lagi. *Incorrect specified waste* pada besi beton dapat terjadi karena kesalahan estimasi atau tidak merencanakan bestat tulangan sehingga volume penggunaan besi beton boros. *Management waste* pada besi beton dapat disebabkan karena kurangnya pengawasan pada tukang besi, sehingga menyebabkan kesalahan kerja.
- 6) **Bekisting** seringkali terjadi *application and residue waste* karena pemotongan bekisting yang kurang rapi sehingga tidak bisa digunakan. *Learning waste* pada bekisting disebabkan karena

banyaknya pekerja yang kurang ahli dan kurang berpengalaman dalam pemotongan atau pemasangan bekisting. *Conversion waste* bekisting dapat disebabkan karena ukuran material yang dipesan tidak sesuai dengan ukuran di lapangan.

8.2 Faktor Penyebab Sisa Material

Berdasarkan hasil analisis dari data kuesioner mengenai faktor penyebab sisa material, peneliti dapat mengetahui rata-rata (*mean*) faktor penyebab sisa material pada pekerjaan struktur beton bertulang. Bobot angka yang digunakan adalah angka 1 hingga angka 4. (1= tidak pernah terjadi, 2= jarang terjadi, 3= sering terjadi, dan 4= selalu terjadi) Rata-rata (*mean*) faktor penyebab sisa material beton bertulang dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Mean Faktor Penyebab Sisa Material Beton Bertulang

No	Sumber	Faktor Penyebab Sisa Material	Mean Semen	Mean Pasir	Mean Kerikil	Mean Ready-mix	Mean Besi Beton	Mean Bekisting
1	Desain	Perubahan desain	2.17	2.08	2.02	2.14	2.45	2.47
2		Kesalahan dalam dokumen kontrak	1.73	1.73	1.67	2.05	2.19	2.14
3		Kurangnya koordinasi pada tahap desain proyek	1.88	1.83	1.73	2.22	2.31	2.34
4	Pengadaan	Pemesanan tidak dapat dilakukan jumlah kecil	2.19	2.52	2.41	2.64	2.34	2.28
5		Kesalahan pemesanan atau kelebihan	2.14	2.25	2.11	2.3	2.22	2.13
6		Kesalahan supplier	1.86	1.92	1.91	2.03	1.97	1.92
7		Buruknya tempat penyimpanan material	2.28	2.17	2.08	1.81	2.05	2.03
8	Penanganan	Material dikirim tidak dalam keadaan utuh	1.95	1.86	1.83	1.75	1.88	1.83
9		Tidak hati-hati saat pembongkaran	1.88	1.91	1.91	1.92	1.94	2.31
10		Kerusakan saat transportasi ke proyek	1.8	1.88	1.88	1.95	1.63	1.69
11	Pelaksanaan	Kesalahan pekerja	2.3	2.19	2.14	2.17	2.17	2.22
12		Masalah karena peralatan rusak	1.75	1.8	1.8	1.91	1.94	1.92
13		Cuaca yang buruk	2.39	2.22	2.06	2.41	2.02	2.05
14		Kecelakaan kerja	1.73	1.63	1.66	1.8	1.86	1.83
15		Kurangnya pengawasan di lapangan	2.34	2.16	2.2	2.08	2.2	2.16
16	Residual	Sisa dari penggunaan atau pemakaian material	2.27	2.33	2.23	2.28	2.55	2.42
17		Kesalahan pada saat pemotongan material	1.66	1.7	1.66	1.88	2.72	2.53
18	Lain-lain	Sisa karena sengaja dirusak	1.7	1.59	1.59	1.67	1.81	1.98

- 1) **Semen**, dipengaruhi dengan cuaca, apabila cuaca buruk seperti hujan deras, maka menyebabkan semen menjadi rusak dan tidak dapat dipakai lagi karena ditaruh ditempat penyimpanan yang terbuka atau tempat penyimpanan yang buruk/sudah rusak. Hujan saat pekerjaan pengecoran dapat menyebabkan *bleeding*. Semen juga terkadang sisa akibat kurangnya pengawasan saat pengerjaan dan kesalahan pekerja karena kurangnya pengalaman.
- 2) **Pasir**, dapat menjadi sisa akibat pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil, karena pemesanan pasir membutuhkan minimal 1 truk yaitu sebesar 6,2 hingga 6,5 m^3 atau tergantung dari ukuran truk dari *supplier*, sehingga volume pasir yang dipesan lebih dari yang dibutuhkan. Pasir terkadang menimbulkan sisa setelah digunakan dalam pekerjaan pengecoran.

- 3) **Kerikil**, juga terkadang terjadi sisa akibat pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil. Selain itu, juga terjadi sisa akibat pemakaian material dan kurangnya pengawasan. Kurangnya pengawasan dapat menyebabkan kesalahan pengiriman material dari supplier dan kesalahan pekerja.
- 4) **Beton ready-mix**, dapat menjadi sisa akibat pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil, karena pemesanan ready-mix diperlukan minimal 3-4 m³ atau tergantung ukuran *truck mixer* dari supplier, sehingga menyebabkan kelebihan material. Cuaca yang buruk seperti hujan ketika pengecoran dapat menyebabkan beton menjadi *bleeding*, alhasil perlu adanya *rework*. Kesalahan atau kelebihan pemesanan juga mengakibatkan material menjadi sisa.
- 5) **Besi beton**, seringkali terjadi sisa akibat kesalahan pemotongan material akibat ceroboh dan kurang ahli. Bentuk desain struktur besi beton yang tidak ekonomis juga menyebabkan kelebihan sehingga perlu dilakukan pemotongan. Perubahan desain juga dapat menyebabkan besi beton sisa.
- 6) **Bekisting**, juga seringkali terjadi sisa akibat kesalahan pemotongan material dan perubahan desain.

8.3 Usaha Manajemen Material dan Sisa Material

Berdasarkan hasil analisis dari data kuesioner mengenai usaha manajemen material dan sisa material, peneliti dapat mengetahui rata-rata (*mean*) manajemen material dan sisa material pada pekerjaan struktur beton bertulang. Bobot angka yang digunakan adalah angka 1 hingga angka 4. (1= tidak pernah dilakukan, 2= jarang dilakukan, 3= sering dilakukan, dan 4= selalu dilakukan) Rata-rata (*mean*) usaha manajemen material dan sisa material beton bertulang dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Usaha Manajemen Material dan Sisa Material Beton Bertulang

No	Usaha	Manajemen Material & Sisa Material	Mean Semen	Mean Pasir	Mean Kerikil	Mean Ready-mix	Mean Besi Beton	Mean Bekisting
1	Reduce	Pemantauan terhadap material yang diterima	3.06	3.03	2.98	3.25	3.25	3
2		Peningkatan keamanan untuk mencegah kehilangan	2.81	2.42	2.47	2.27	3.06	2.44
3		Penyediaan fasilitas penyimpanan material yang baik	3.08	2.45	2.44	2.47	2.97	2.84
4		Penanganan material dilakukan oleh pihak ahli	2.45	2.61	2.66	2.89	2.98	2.95
5		Memindahkan muatan material secara hati-hati	2.48	2.6	2.38	2.37	2.75	2.73
6		Membuat estimasi kebutuhan dan jadwal pengiriman	2.95	2.83	2.88	3.33	3.08	2.98
7		Memilih <i>supplier</i> yang kompeten	2.98	2.73	2.72	3.19	3.05	2.8
8		Memperhatikan cuaca bila terjadi hujan saat pengecoran	2.83	2.53	2.32	3.02	2.45	2.49
9		Memakai tukang yang ahli&berpengalaman	2.84	2.75	2.77	2.61	3.13	3.02
10		Membuat perencanaan site&metode kerja yang matang	2.76	2.78	2.7	2.97	3.03	3.05
11	Reuse	Pemanfaatan material sebagai fungsi lain	2.55	2.31	2.32	2.7	2.72	2.34
12		Pemanfaatan material untuk proyek/pekerjaan mendatang	2.67	2.44	2.41	2.13	2.64	2.7
13	Recycle	Pengelolaan kembali oleh pihak ketiga	1.78	1.81	1.77	1.86	2.02	2.19
14	Salvage	Buang sisa material ke TPA	1.83	1.78	1.88	1.84	1.75	2.09
15		Pekerja diijinkan mengambil sisa material	1.39	1.36	1.39	1.31	1.39	1.56

- 1) **Usaha reduce** telah dilakukan dari sebagian besar proyek baik *high-rise building* dan *low-rise building*. Pemantauan terhadap material yang diterima pada setiap material beton bertulang sudah sering dilakukan. Hal ini bertujuan untuk menghindari kesalahan supplier dalam pengiriman. Membuat estimasi kebutuhan dan jadwal pengiriman sering dilakukan, dengan tujuan agar tidak

menimbun terlalu banyak material. Manajemen jadwal pengiriman juga penting khususnya pada beton *ready-mix* untuk menghindari terjadinya antrian pada *truck-mixer* sehingga mengeras dan rusak. Sebagian besar kontraktor lebih memilih supplier yang berkompeten bertujuan untuk mencegah material yang tidak seragam dengan proyek dan kontraktor lebih memprioritaskan kualitas dibanding harga material murah tetapi kualitas, ketepatan waktu, dan kejujuran kurang terjamin. Memilih tukang yang ahli dan berpengalaman bertujuan untuk menghindari kesalahan kerja yang mengakibatkan *rework*.

- 2) **Usaha reuse** terkadang dilakukan pada material beton bertulang khususnya pada material besi beton. Pemanfaatan material pada fungsi lain terkadang dilakukan pada material semen dan beton *ready-mix*, yaitu dengan memanfaatkan sisa material pengecoran itu untuk pembatas parkir mobil dan pembatas jalan pada jalan proyek. Sisa besi beton dari pembesian juga dapat dipakai untuk fungsi lain ataupun untuk pekerjaan selanjutnya. Material bekisting juga dapat digunakan pada pekerjaan mendatang sehingga tidak boros. Sebagian proyek *high-rise building* menggunakan bekisting material baja sehingga umur bekisting lebih lama dan dapat digunakan berkali-kali.
- 3) **Usaha recycle** dan **usaha salvage** relatif jarang dan hampir tidak pernah dilakukan pada proyek.

9. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan:

- 1) Jenis *direct waste* yang paling sering terjadi pada material beton bertulang adalah akibat *uneconomic used waste, transport and delivery waste* dan *management waste*.
- 2) Faktor penyebab sisa material yang paling sering terjadi adalah pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil, sisa dari pemakaian dan penggunaan material, dan perubahan desain.
- 3) Usaha manajemen material dan sisa material yang paling sering dilakukan adalah usaha *reduce*, yang meliputi: pemantauan pada setiap material yang diterima, membuat estimasi kebutuhan dan jadwal pengiriman, dan memilih *supplier* yang kompeten.

10. DAFTAR REFERENSI

- Bossink, B. A. G, dan H. J. H. Brouwers. (1996). *Construction Waste: Quantification and Source Evaluation*.
- Chana, P. (2011) Low Carbon Cements: the Challenges and Opportunities. *Proc. Future Cement Conf. & exhibition*, London, February 8-9, pp. 1-7.
- Garas, et al. (2001). Materials Waste in the Egyptian Construction Industry. *Proceedings of the ninth Annual Conference of the International Group for Lean Construction IGLC-9*, Singapore
- Gavilan, R. M., and Bernold, L. E. (1994). *Source Evaluation of Solid Waste in Building construction. Journal of Construction Engineering and Management*, September 1994, pp 536 – 552.
- Intan, S. (2004). *Analisis dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi pada Pembangunan Ruko di Surabaya*. (Skripsi No. 069/MTS/2004). Unpublished Graduate Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Prayogo, M. H., & Coln, W. L. (2009). *Penanganan Sisa Material Ready-Mixed Concrete pada Proyek Konstruksi*. (Skripsi No. 21011673/SIP/2009). Unpublished Undergraduate Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Samsidi, D. H., & Kosasih, J. M. (2009). *Reduce, Reuse, Recycle dan Salvage terhadap Construction Waste pada Proyek Konstruksi Surabaya*. (Skripsi No. 21011642/SIP/2009). Unpublished Undergraduate Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Setyanto, E., et al. (2010) Studi Sisa Material Pada Proyek Gedung dan Perumahan. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTeKS 4)*, Juni 2010, pp 235-243.
- Skoyles, E.F. (1976). *Managerial Wastage: A Misuse of Resources, Building Research an Pracite*. London. United Kingdom.
- Tumbelaka, T.E. (2016). *Studi Kasus Analisa Faktor-Faktor Penyebab Sisa Material Besi Beton dan Upaya Solusinya pada Satu Perusahaan Kontraktor Umum Gred 7 di Surabaya*. (Skripsi No. 01000223/MTS/2016). Unpublished Graduate Thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Urio, A., & Brent, A. (2006). Solid Waste Management Strategy in Bostwana: The Reduction of Construction Waste. *Journal of The South African Institution of Civil Engineering*, Vol. 48, No. 2.