

***DIRECT WASTE DAN INDIRECT WASTE MATERIAL***  
**PADA PEKERJAAN STRUKTUR BETON DAN DINDING BATA**  
**(Studi Kasus: Proyek Gedung Apartemen di Surabaya)**

Ignatius Christian Fernando Qwensi<sup>1</sup>, Yosua Albert Yanuar<sup>2</sup> dan Ratna Setiawardani Alifen<sup>3</sup>

**ABSTRAK:** *Global warming* merupakan topik yang marak diperbincangkan akhir – akhir ini, mengingat kondisi lingkungan rusak akibat penggunaan energi dan pemanfaatan sumber daya alam yang berlebihan. Kontraktor mempunyai peran untuk turut menjaga kelestarian alam dengan menerapkan konsep pembangunan yang berkelanjutan khususnya dalam penggunaan material konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab terbentuknya *direct* dan *indirect waste material* pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata, serta penanganan material sesuai dengan konsep *reduce, reuse, recycle*, dan *disposal*. Data didapatkan dari pembagian kusioner dan observasi lapangan di sebuah proyek dalam tahap pekerjaan struktur beton dan dinding bata. Didapatkan bahwa penyebab terbentuknya *direct waste material* pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata adalah sisa/potongan material tidak dapat dipakai lagi, penyebab terbentuknya *indirect waste material* adalah perubahan desain sehingga perlu dikerjakan ulang/pekerjaan tambah. Penanganan material pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata adalah melakukan pemesanan material hanya pada saat dibutuhkan (*reduce*), mengumpulkan sisa material untuk pekerjaan selanjutnya (*reuse*), mengirimkan sisa material yang tidak terpakai ke TPA (*disposal*). Kontraktor tidak pernah menerapkan konsep *recycle*.

**KATA KUNCI:** *waste material*, penanganan material, pekerjaan struktur beton, pekerjaan dinding bata.

## 1. PENDAHULUAN

*Global Warming* mulai marak dibicarakan dalam beberapa tahun ini. *Global Warming* diakibatkan salah satunya dari peningkatan konsumsi energi. Energi tersebut dibutuhkan selama siklus hidup material (*embodied energy*). Kontraktor mempunyai tanggung jawab menjalankan konsep *sustainable construction* untuk mengurangi dampak dari *global warming*. Menurut Glavinich (2008) peran kontraktor dapat dilakukan dengan mengurangi jumlah *waste material* selama proses konstruksi.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui penyebab terbentuknya *direct* dan *indirect waste material* serta penanganan material pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata di sebuah proyek gedung apartemen. Secara spesifik pekerjaan yang ditinjau adalah bekisting, pembesian, pengecoran, dinding bata dan plesteran yang berkaitan dengan material multiplek, baja tulangan, *ready mix concrete*, bata ringan dan mortar.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Material Konstruksi

Material konstruksi meliputi seluruh bahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan dalam satu kesatuan pekerjaan pada suatu proses konstruksi. Sumber material konstruksi dapat diperoleh

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21416144@john.petra.ac.id

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21416145@john.petra.ac.id

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, alifrat@petra.ac.id

dari sekitar lokasi proyek atau diangkut dari luar daerah proyek, yang dapat berupa hasil produksi industri, atau material alam yang tidak tersedia di sekitar proyek (Asnuddin, 2010).

## 2.2 Siklus Hidup Material Konstruksi

Material konstruksi mempunyai siklus hidup, yang ditinjau dari proses awal mendapatkan bahan baku material sampai pembuangan material karena sudah tidak dapat dipakai lagi (Wibisono, 2019). Secara garis besar, siklus hidup material dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Pengambilan material mentah
2. Pengolahan dan produksi material
3. Transportasi material
4. Penggunaan material
5. Pembuangan dan pemanfaatan kembali material

## 2.3 Embodied Energy

*Embodied energy* didefinisikan sebagai energi yang dibutuhkan dalam semua aktivitas yang diperlukan, agar dapat mendukung suatu proses (Treloar, 1997). Konsumsi energi ini diperlukan oleh material selama tahap pembangunan, penggunaan, sampai tahap dekonstruksi **Tabel 1**.

**Tabel 1. Embodied Energy Material (Sabnis, 2015)**

MATERIAL	EMBODIED ENERGY	MATERIAL	EMBODIED ENERGY
Unit	EE-MJ/Kg	Unit	EE-MJ/Kg
Aluminium	155	Cement with 50% Flyash	2.43
Steel	24.4	Concrete Precast	2
Glass	15	Cement Mortar (1:4)	1.21
Plywood	15	Concrete (Reinforced)	1.21
Timber	8.5	Stone	1
Cement (Portland)	4.6	Concrete (Plain)	0.95
Cement with 25% Flyash	3.52	Concrete Block (8MPa)	0.6
Marble Tiles	3.3	Aggregate	0.1
Brick	3		

## 2.4 Waste Material

*Waste material* merupakan suatu sisa material yang sudah tidak digunakan lagi dalam proses pelaksanaan proyek. Bentuk *waste material* dibedakan dengan *direct waste* dan *indirect waste* (Skoyles, 1976). *Direct waste* adalah sisa material yang terlihat secara langsung. *Indirect waste* merupakan sisa material yang berbentuk kerugian biaya karena pemakaian material yang berlebihan (pemborosan) dan sisa material yang tidak terpakai juga merupakan *waste material* (Asnuddin, 2010).

Terbentuknya *direct waste* antara lain:

- a. *Transport and delivery waste*
- b. *Site storage waste*
- c. *Cutting waste*
- d. *Criminal waste*
- e. *Wrong use waste*

Terbentuknya *Indirect waste* antara lain:

- a. *Substitution waste*
- b. *Production waste*
- c. *Negligence waste*

Selain beberapa penyebab terbentuknya *waste material* menurut Skoyles (1987), terdapat beberapa penelitian yang sudah dikerjakan sebelumnya menyebutkan beberapa penyebab lain dari terbentuknya *waste material*. Penyebab ini di dasari dari realita-realita yang terjadi pada setiap penelitian yang telah dilakukan sebelumnya **Tabel 2**.

**Tabel 2. Penyebab Terjadinya Waste Material pada Beberapa Penelitian Sebelumnya**

No	Sumber Referensi	Judul Penelitian	Penyebab
1	Intan, et al. (2005).	Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi : Sumber, Penyebab, Kuantitas, dan Biaya.	- Sisa pemotongan yang berlebih - Ketidak-telitian menerima dan memeriksa material dari supplier - Kerusakan pada saat transportasi - Pemesanan material yang tidak sesuai spesifikasi
2	Wahyudi (2016).	Kajian Pengelolaan “Construction Waste” dalam Konstruksi Bangunan Gedung.	- Kemasan pengiriman yang kurang baik - Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja
3	Sudiro (2018).	Analisis Pengaruh Sistem Pengendalian Material Terhadap Sisa Material Pekerja Struktur pada Proyek Konstruksi.	- Sisa pemotongan yang tidak dapat dipakai lagi - Perubahan desain
4	Rachman, et al. (2019).	Analisis Pengaruh Faktor-Faktor Penyebab Sisa Material Terhadap Persentase Sisa Material.	- Pemesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil - Kerusakan pada saat transportasi - Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja - Sisa Material yang tidak dapat dipakai kembali - Penyimpanan material yang kurang baik
5	Negara (2019).	Analisis Sisa Material Besi Tulangan pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung.	- Sisa pemotongan yang tidak dapat dipakai lagi - Kelebihan pesanan

#### 2.4.1 Hirarki Manajemen Waste Material

Konsep dasar dalam manajemen *waste material* adalah 3R, yaitu *reduce*, *reuse* dan *recycle* (Batayneh, 2007). Tujuan dari 3R adalah untuk mengurangi jumlah *waste material* semaksimal mungkin yang akan dibuang (*disposal*).

#### 2.5 Proses Pembangunan yang Berkelanjutan

Proses pembangunan yang berkelanjutan perlu dilakukan oleh kontraktor untuk mengurangi dampak *global warming*. Peran kontraktor dalam menerapkan pembangunan yang berkelanjutan dapat dilakukan dengan memperhatikan penggunaan material guna meminimalisir *waste material* (Glavinich, 2008):

- Memesan material sesuai dengan kebutuhan pekerjaan
- Menggunakan kemasan pengiriman material yang dapat dipakai kembali pada saat pengiriman berikutnya
- Menggunakan material sesuai dengan ukuran standar yang beredar di pasar
- Memilih material dengan spek khusus
- Melakukan proses fabrikasi di *workshop*

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Teknik Pengumpulan Data

##### 1. Kuesioner

Pengumpulan data dilakukan dengan cara menyebarkan kuesioner mengenai penyebab terbentuknya *direct* dan *indirect waste* dan penanganan *waste material* pada sebuah proyek gedung apartemen di Surabaya. Kuesioner disebarkan kepada responden yang berposisi sebagai pekerja struktur dan *finishing* sesuai dengan struktur organisasi yang ada di proyek dari *Site Manager* sampai pekerja.

##### 2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi proyek secara langsung. Observasi dilakukan untuk meninjau operasi pekerjaan struktur beton dan dinding bata. Pengamatan difokuskan untuk melihat penyebab terbentuknya *direct* dan *indirect waste material* dan penanganan material pada pekerjaan struktur beton dan dinding di proyek.

## 3.2 Analisis Data

### 3.2.1 Kuesioner

#### 1. Pengelompokan data hasil kuesioner

Kuesioner yang telah diisi oleh responden, selanjutnya akan dikumpulkan lalu dikelompokkan berdasarkan jenis pekerjaan yang ditinjau. Pengelompokan jenis pekerjaan diperlukan untuk memberikan penilaian pada setiap pekerjaan agar penulis bisa mendapatkan hasil dengan data yang lengkap.

#### 2. Penilaian Data

Setiap skala pada pernyataan penyebab terbentuknya *direct* dan *indirect waste material* dan penanganan material (1 = tidak pernah, 2 = jarang, 3 = kadang – kadang, 4 = sering, 5 = selalu) akan dihitung *mean*-nya. Nilai *mean* yang didapatkan pada setiap pernyataan akan di *ranking* pada setiap jenis pekerjaan, sehingga didapatkan penyebab *direct* dan *indirect waste material* yang paling sering terjadi dan penanganan material yang paling dominan dilakukan.

$$\text{Mean} = \frac{(\sum s1x1) + (\sum s2x2) + (\sum s3x3) + (\sum s4x4) + (\sum s5x5)}{N \text{ total}}$$

Keterangan:  $\sum s1$  = Jumlah responden yang memilih skala 1, dst.  
N Total = Jumlah responden yang mengisi kuesioner

### 3.2.2 Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mendapatkan data yang dapat meningkatkan validitas hasil kuesioner sesuai dengan realita yang terjadi di lapangan. Observasi lapangan diperlukan untuk mengetahui operasi pekerjaan yang dilakukan oleh kontraktor sehingga dapat diketahui penyebab terbentuknya *direct* dan *indirect waste material*, serta penanganan material yang dilakukan saat operasi pekerjaan berlangsung. Objek yang diamati merupakan material yang berkaitan pada pekerjaan struktur beton bertulang dan dinding bata (multiplek, baja tulangan, *ready mix concrete*, bata ringan, mortar)

## 4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pendahuluan

Penulis membagikan kuesioner kepada responden dengan mendatangi lokasi proyek secara langsung. Responden dari penelitian ini sesuai dengan struktur organisasi kontraktor sesuai dengan jenis pekerjaan masing-masing responden.

Pengambilan data penelitian dilakukan mulai dari tanggal 21 Oktober 2020 – 25 November 2020. Pembagian kuesioner dilakukan pada saat jam istirahat, pukul 11.00 – 13.00 dan pukul 17.00 – 19.00. Sedangkan pengambilan data observasi lapangan dilakukan selama jam kerja, pukul 08.00 – 17.00.

### 4.2 Kendala Survei dilapangan Selama Pandemi Covid-19

Selama masa pandemi Covid-19, terdapat kesulitan menemukan proyek yang bersedia di datangi dan di jadikan objek penelitian. Kontraktor mempunyai protokol kesehatan yang ketat untuk memasuki proyek agar lingkungan sekitar bisa terhindar dari Virus Covid-19. Karena di bulan sebelumnya penulis mendapatkan kesempatan untuk Kerja Praktek di proyek ini, sehingga bisa dijadikan objek penelitian.

### 4.3 Analisis Hasil

#### 4.3.1 Data Responden

Selama pengambilan data, kuesioner yang tersebar kepada para *Site Manager*, *Store Keeper*, *Supervisor*, *Mandor*, *Wakil Mandor* dan *Pekerja* di proyek X berjumlah 108 kuesioner.

#### 4.3.2 Penyebab Terbentuknya *Direct* dan *Indirect Waste Material*

Penyebab utama terbentuknya *direct waste material* **Tabel 4.:**

1. Pekerjaan Bekisting → sisa/potongan material yang tidak dapat dipakai lagi  
Perlu menyesuaikan ukuran multiplek yang akan digunakan dengan multiplek disekitarnya agar daerah antar multiplek dapat tertutup rapat, sehingga perlu memotong multiplek yang ada agar dapat dipakai.
2. Pekerjaan Pembesian → sisa/potongan material yang tidak dapat dipakai lagi  
Perlu menyesuaikan ukuran baja tulangan yang akan digunakan agar dapat sesuai ketika dipasang dalam satu rangkaian tulangan, sehingga perlu memotong baja tulangan sesuai gambar yang ada.
3. Pekerjaan Pengecoran → sisa/potongan material yang tidak dapat dipakai lagi  
Saat pelaksanaan memerlukan jumlah pesanan material yang lebih banyak dari kebutuhan material yang dihitung karena area pengecoran harus di cor pada saat yang bersamaan. Jika terdapat kekurangan material, komponen yang di cor tidak monolit. Sehingga akan selalu menghasilkan *waste material* selama pelaksanaan pekerjaan.
4. Pekerjaan Dinding Bata → sisa/potongan material yang tidak dapat dipakai lagi  
Bata ringan perlu dipotong jika terdapat material lain yang menghalangi area pemasangan dinding bata yang sudah ditetapkan di gambar. Potongan yang dihasilkan biasanya berukuran kecil, sehingga tidak bisa digunakan untuk pekerjaan selanjutnya.
5. Pekerjaan Plesteran → sisa/potongan material yang tidak dapat dipakai lagi  
Selama proses mengambil mortar untuk pekerjaan plesteran, pekerja hanya memperikarakan jumlah mortar yang dibutuhkan. Tidak adanya ukuran yang pasti dalam mengambil mortar membuat pekerja akan meniggalkan sisa mortar yang tidak terpakai.

Penyebab utama terbentuknya *indirect waste material* **Tabel 4.:**

1. Pekerjaan Bekisting → pemakaian material secara berlebihan/boros  
Pekerja tidak bisa memilah dengan baik multiplek yang bisa digunakan lagi dan yang memang sudah rusak. Pekerja lebih cenderung untuk mengambil material baru, sehingga terkesan boros dalam pemakaian material multiplek.
2. Pekerjaan Pembesian → perubahan desain sehingga perlu dikerjakan ulang/pekerjaan tambah  
Perubahan desain ini terjadi karena baru disadari ada ketidak sesuaian gambar pada detail penulangan yang dimiliki kontraktor dari perhitungan struktur awal saat operasi pekerjaan sedang berlangsung. Kejadian ini membuat kontraktor perlu menyesuaikan lagi baja tulangan yang terpasang dengan kebutuhan yang sebenarnya.
3. Pekerjaan Pengecoran → ketidakterampilan pekerja memanfaatkan alat dan material  
Pada saat pengecoran beberapa kali terjadi kerusakan pada pipa saluran antara *concrete pump* dan *placing boom*. Kerusakan ini mengakibatkan kebocoran sehingga material *ready mix concrete* terbuang. Perlu kesigapan dari pekerja untuk menangani masalah tersebut. Ketidak terampilan pekerja bisa menyebabkan material yang terbuang semakin banyak jika penanganan kerusakan alat lama.
4. Pekerjaan Dinding Bata → perubahan desain sehingga perlu dikerjakan ulang/pekerjaan tambah  
Penyebab terjadinya perubahan desain karena ada detail gambar yang terlewatkan di area tersebut. Misalnya ada pipa yang memang seharusnya dipasang diarea tersebut, tetapi di gambar tidak ada, sehingga area telah terpasang dinding terlebih dahulu. Adanya hal ini membuat pekerja harus melakukan pekerjaan ulang agar pipa ini bisa terpasang dengan baik tanpa ada dinding bata yang menghalangi
5. Pekerjaan Plesteran → perubahan desain sehingga perlu dikerjakan ulang/pekerjaan tambah  
Pekerjaan plesteran mengikuti pekerjaan dinding bata yang dilakukan sebelumnya, karena prinsipnya pekerjaan plesteran digunakan untuk melapisi dinding bata yang terpasang. Jika ada perubahan, pekerjaan plesteran tinggal menyesuaikan.

**Tabel 4. Nilai Mean Penyebab Terbentuknya Direct dan Indirect Waste Material pada Pekerjaan Struktur Beton dan Dinding Bata**

No	Penyebab Terbentuknya Sisa Material	Klas.	P. B.	P. Be.	P. C.	P. Di.	P. P.
1	Kerusakan pada saat transportasi material	Direct	1,52	1,19	3,00	2,55	1,96
2	Kemasan material yang kurang baik		1,48	1,14	1,47	1,91	2,09
3	Ketidaktelitian staff dalam inspeksi material saat datang		1,35	1,24	2,11	2,14	1,91
4	Kerusakan material akibat penyimpanan yang kurang baik		2,30	2,29	1,11	2,50	2,70
5	Sisa / potongan material yang tidak dapat dipakai lagi		<b>3,74</b>	<b>3,62</b>	<b>4,16</b>	<b>3,23</b>	<b>3,43</b>
6	Kerusakan material akibat tindakan pekerja secara sengaja		2,17	1,81	1,32	2,09	2,09
7	Penggunaan material tidak sesuai spek sehingga terjadi rework		1,74	1,95	2,42	2,09	2,30
1	Pemesanan material tidak bisa dalam kuantitas yang kecil	Indirect	1,87	1,71	1,84	1,77	1,74
2	Perubahan desain sehingga perlu dikerjakan ulang/pekerjaan tambah		2,61	<b>2,19</b>	2,00	<b>3,05</b>	<b>3,22</b>
3	Ketidakterampilan pekerja memanfaatkan alat dan material		2,00	1,90	<b>2,21</b>	2,45	2,83
4	Kesalahan dalam memberikan instruksi kepada pekerja		1,83	1,95	2,05	2,05	2,43
5	Pemakaian material secara berlebihan/boros		<b>2,83</b>	1,81	2,16	2,45	3,09

#### 4.1.3 Penanganan Material

Penanganan utama material yang termasuk dalam klasifikasi *reduce* **Tabel 5.:**

1. Pekerjaan Bekisting → menginspeksi dan menolak material yang cacat pada saat kedatangan.  
Pihak *Store Keeper* menginspeksi multiplek yang memasuki proyek. Material multiplek yang datang harus dalam kondisi baik, sehingga pemanfaatannya material lebih efisien. Ketelitian *Store Keeper* diperlukan agar tidak menimbulkan kerugian lain saat multiplek dipakai saat operasi pekerjaan.
2. Pekerjaan Pembesian → merencanakan pemotongan material sesuai dengan kebutuhan.  
Wakil mandor besi mempunyai jadwal pemotongan di tempat fabrikasi. Adanya jadwal ini membantu pekerja dalam mengatur pemotongan baja tulangan, sehingga dapat meminimalisir terbentuknya *waste material* baja tulangan
3. Pekerjaan Pengecoran → melakukan pemesanan material hanya pada saat dibutuhkan.  
Material *ready mix concrete* dapat mengeras dalam waktu beberapa jam. *Store Keeper* hanya akan memesan *ready mix concrete* saat area pengecoran sudah siap. Usahakan saat material tiba pekerjaan pengecoran bisa langsung di lakukan.
4. Pekerjaan Dinding Bata → menyimpan material pada tempat yang tahan terhadap cuaca.  
Saat bata ringan sampai ke proyek dan sudah dilakukan inspeksi oleh *Store Keeper*, bata ringan langsung di taruh di area yang akan dilakukan pekerjaan dinding bata. Mengantisipasi material rusak jika terjadi hujan sewaktu-waktu.
5. Pekerjaan Plesteran → menghitung kebutuhan material secara akurat/teliti.  
Pengambilan mortar (MU) dilakukan secara berkala oleh pekerja untuk mengantisipasi *waste material* yang timbul, karena mortar dapat mengeras dan tidak bisa dipakai lagi jika sudah mengering.

Penanganan utama material yang termasuk dalam klasifikasi *reuse* **Tabel 5.:**

1. Pekerjaan Bekisting → mengumpulkan sisa material untuk pekerjaan selanjutnya.  
Multiplek yang sudah selesai dipakai dikumpulkan lagi untuk digunakan pada pekerjaan bekisting selanjutnya.
2. Pekerjaan Pembesian → mengumpulkan sisa material untuk pekerjaan selanjutnya.  
Baja tulangan yang mempunyai panjang cukup dikumpulkan lagi lalu dimanfaatkan untuk membentuk komponen rangkaian baja tulangan yang lain.
3. Pekerjaan Pengecoran → mengumpulkan sisa material untuk pekerjaan selanjutnya.  
Saat material *ready mix concrete* masih ada sisa setelah pekerjaan struktur sudah selesai tetapi dan ada area lain yang belum di cor, *ready mix concrete* dialihkan ke area tersebut.

4. Pekerjaan Dinding Bata → mengumpulkan sisa material untuk pekerjaan selanjutnya.  
Saat ada potongan bata ringan yang masih memiliki ukuran lebih dari setengah ukuran aslinya, bata ringan ini masih bisa dipakai untuk area-area yang memang membutuhkan ukuran bata ringan yang kecil, sehingga tidak perlu memotong bata ringan lain.
5. Pekerjaan Plesteran → memilah sisa material yang bisa dipakai lagi.  
Mortar yang terjatuh saat pekerjaan plesteran dilakukan akan dipilah mana yang masih dalam kondisi baik dan yang sudah mengeras. Mortar yang masih baik dipakai lagi.

Penanganan utama material yang termasuk dalam klasifikasi *recycle*\* **Tabel 5.:**

1. Pekerjaan Bekisting → mengirimkan sisa material kepada pengelola limbah/daur ulang.
2. Pekerjaan Pembesian → mengirimkan sisa material kepada pengelola limbah/daur ulang .
3. Pekerjaan Pengecoran → mengirimkan sisa material kepada pengelola limbah/daur ulang.
4. Pekerjaan Dinding Bata → mengirimkan sisa material kepada pengelola limbah/daur ulang.
5. Pekerjaan Plesteran → mengirimkan sisa material kepada pengelola limbah/daur ulang.

\*kontraktor tidak menerapkan *recycle* pada operasi pekerjaan struktur beton dan dinding bata.

Penanganan utama material yang termasuk dalam klasifikasi *disposal* **Tabel 5.:**

1. Pekerjaan Bekisting → mengirimkan sisa material yang tidak terpakai ke TPA.  
*Waste material* multiplek tidak memiliki nilai tambah, sehingga hanya bisa di buang ke TPA.
2. Pekerjaan Pembesian → menjual sisa material yang tidak terpakai ke pihak lain.  
*Waste material* baja tulangan masih memiliki nilai tambah sehingga dapat dijual ke pihak lain.
3. Pekerjaan Pengecoran → mengirimkan sisa material yang tidak terpakai ke TPA.  
*Waste material ready mix concrete* tidak memiliki nilai tambah, sehingga hanya bisa di buang ke TPA.
4. Pekerjaan Dinding Bata → mengirimkan sisa material yang tidak terpakai ke TPA.  
*Waste material* bata ringan tidak memiliki nilai tambah, sehingga hanya bisa di buang ke TPA.
5. Pekerjaan Plesteran → mengirimkan sisa material yang tidak terpakai ke TPA.  
*Waste material* mortar tidak memiliki nilai tambah, sehingga hanya bisa di buang ke TPA.

**Tabel 5. Nilai Mean Penanganan Material pada Pekerjaan Struktur Beton dan Dinding Bata**

No	Penanganan Material	Klas.	P. B.	P. Be.	P. C.	P. Di.	P. P.
1	Menghitung kebutuhan material secara akurat/teliti	Reduce	4,35	4,52	4,74	3,95	<b>4,43</b>
2	Melakukan pemesanan material sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan		4,30	4,67	4,53	4,14	4,43
3	Melakukan pemesanan material hanya pada saat dibutuhkan		4,22	3,95	<b>4,84</b>	3,68	4,00
4	Menginspeksi dan menolak material yang cacat pada saat kedatangan		<b>4,65</b>	4,57	4,79	3,86	4,00
5	Menyimpan material pada tempat yang tahan terhadap cuaca		3,87	3,52	2,21	<b>4,36</b>	4,13
6	Melakukan pengawasan pada saat pengerjaan		4,52	4,71	4,53	4,27	4,00
7	Melatih pekerja untuk dapat menggunakan alat dengan benar		4,00	4,48	4,16	4,05	3,65
8	Merencanakan pemotongan material sesuai dengan kebutuhan		4,43	<b>4,76</b>	2,42	3,95	1,61
<b>Reduce</b>							
1	Mengumpulkan sisa material untuk pekerjaan selanjutnya	Reuse	<b>4,83</b>	<b>4,90</b>	<b>4,11</b>	<b>4,50</b>	2,48
2	Membongkar material terpasang dengan baik agar dapat digunakan lagi		3,96	4,29	2,05	3,95	2,52
3	Memanfaatkan sisa material untuk keperluan operasi lain		3,91	4,48	3,68	3,91	2,48
4	Memilah sisa material yang bisa dipakai lagi		4,61	4,57	1,95	4,23	<b>2,57</b>
<b>Reuse</b>							
1	Mengirimkan sisa material kepada pengelola limbah/daur ulang	Recycle	<b>1,70</b>	<b>1,81</b>	<b>1,42</b>	<b>1,82</b>	<b>1,22</b>
<b>Recycle</b>							
1	Mengirimkan sisa material yang tidak terpakai ke TPA	Disposal	<b>4,26</b>	2,10	<b>4,26</b>	<b>4,27</b>	<b>4,91</b>
2	Menjual sisa material yang tidak terpakai ke pihak lain		1,70	<b>3,57</b>	1,11	1,82	1,04
3	Memperbolehkan pekerja untuk mengambil sisa material		1,00	1,00	1,00	1,45	1,00

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan beberapa kesimpulan:

1. Penyebab utama terjadinya *direct waste material* pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata adalah sisa/potongan material yang tidak dapat dipakai lagi.
2. Penyebab utama terjadinya *indirect waste material* pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata adalah perubahan desain sehingga perlu dikerjakan ulang/pekerjaan tambah, pemakaian material secara berlebihan/boros dan ketidakterampilan pekerja memanfaatkan alat dan material.
3. Penanganan utama material berupa *reduce* pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata adalah menginspeksi dan menolak material yang cacat pada saat kedatangan, merencanakan pemotongan material sesuai dengan kebutuhan, melakukan pemesanan material hanya pada saat dibutuhkan, menyimpan material pada tempat yang tahan terhadap cuaca, menghitung kebutuhan material secara akurat/teliti.
4. Penanganan utama material berupa *reuse* pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata adalah mengumpulkan sisa material untuk pekerjaan selanjutnya.
5. Penanganan utama material berupa *recycle* pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata adalah mengirimkan sisa material kepada pengelola limbah/daur ulang, walaupun pada kenyataannya kontraktor belum melakukan *recycle* pada *waste material* pekerjaan struktur beton dan dinding bata.
6. Penanganan utama material berupa *disposal* pada pekerjaan struktur beton dan dinding bata adalah mengirimkan sisa material yang tidak terpakai ke TPA dan menjual sisa material yang tidak terpakai ke pihak lain.

## DAFTAR REFERENSI

- Asnuddin, A. (2010, September). "Pengendalian Sisa Material Konstruksi pada Pembangunan Rumah Tinggal." *MEKTEK*. Vol. 12, No. 3, 62-65.
- Batayneh, M., Marie, I., and Asi, I. (2007). "Use of Selected Waste Materials in Concrete Mixes." *Waste Management*. Vol. 27, No. 12, 1870-1876.
- Glavinich, T. E. (2008). *Contractor's Guide to Green Building Construction: Management, Project Delivery, Documentation, and Risk Reduction*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Intan, S., Alifen, R. S., and Arijanto, L. S. (2005). "Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi : Sumber Penyebab, Kuantitas, dan Biaya." *Civil Engineering Dimension*. Vol. 7, No. 1, 36-45.
- Negara, J. B., H.S. Suryanto, M. (2019). "Analisis Sisa Material Besi Tulangan pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung." *Rekayasa Teknik Sipil*. Vol. 3, No. 1, 1-11.
- Rachman, U. D., Tenriajeng. A. T. (2019). "Analisis Pengaruh Faktor-Faktor Penyebab Sisa Material terhadap Persentase Sisa Material." *Teknika*. Vol. 14, No. 2, 75-80.
- Skoyles, E.R. (1976). "*Materials waste—A Misuse of Resources*." Batiment International, Building Research and Practice. Vol. 4, 232.
- Sudiro, R. (2018). *Analisis Pengaruh Sistem Pengendalian Material terhadap Sisa Material Pekerjaan Struktur pada Proyek Konstruksi*. Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Treloar, G. J. (1997). "Extracting Embodied Energy Paths of Input-Output Tables: Towards an Input-Output-Based Hybrid Energy Analysis Method." *Economic Systems Research*. Vol. 9, No. 4, 375-391.
- Wibisono, K., and Alifen, R. S. (2019). "Konsep Sustainable Construction pada Rumah Sederhana Ditinjau dari Penggunaan Material Dalam Proses Pelaksanaan." *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, Vol. 8, No. 2, 197-203.
- Wahyudi, N. (2016). "Kajian Pengelolaan "Construction Waste" Dalam Konstruksi Bangunan Gedung." *Proceeding of Seminar Nasional Teknik Sipil 2016*, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, May 25, 2016, 210-217.