

ANALISIS WASTE MATERIAL KONSTRUKSI PADA PEKERJAAN STRUKTUR ATAS BETON BERTULANG BANGUNAN TINGKAT TINGGI

Michael Alan Kristianto¹, Erwin Panucci Ajie¹, Hermawan^{2,3}, dan Budi Setiyadi²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata
e-mail: 14b10006@student.unika.ac.id; 14b10011@student.unika.ac.id

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata

³Anggota Kelompok Peneliti Manajemen Konstruksi
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1, Bendan Dhuwur, Semarang 50234

Abstrak: Dalam kurun waktu 10 tahun ini, industri konstruksi memperlihatkan tingkat pertumbuhan yang signifikan. Namun pada saat yang bersamaan industri konstruksi diindikasikan sebagai sumber waste terbesar jika dibandingkan terhadap industri yang lain. Waste yang ditimbulkan selama proses konstruksi tidak hanya mempengaruhi produktivitas proyek, tetapi juga mempengaruhi lingkungan. Oleh karena itu, perlu diidentifikasi besar waste di konstruksi khususnya pada pekerjaan struktur di bangunan tingkat tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waste yang berada pada proyek konstruksi terutama pada pekerjaan struktur atas beton bertulang di bangunan tingkat tinggi. Obyek penelitian ini adalah waste material proyek gedung bertingkat dengan studi kasus pada pembangunan Proyek Rumah Sakit X di Semarang. Identifikasi waste dilakukan melalui kajian pustaka, observasi dan data sekunder. Variable waste yang ditinjau pada penelitian ini adalah kayu, baja tulangan, beton, dan kawat bendrat. Metode pengambilan sampel pada penelitian ini adalah purposive sampling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waste material paling banyak berupa kayu yang digunakan pada bekisting. Persentase waste yang berasal dari penggunaan kayu pada bekisting berkisar 85%. Selanjutnya persentase waste yang berasal dari baja tulangan berkisar antara -0,24% sampai dengan 0,99%. Penyebab waste utama pada kayu sebagai bekisting, diindikasikan bahwa proses pembongkaran yang kurang baik, sehingga tidak dapat digunakan kembali.

Kata kunci: waste material konstruksi, struktur atas beton bertulang, bekisting

LATAR BELAKANG

Salah satu isu yang berkembang di berbagai macam industri dan negara dalam satu dekade terakhir adalah pembangunan berkelanjutan. Pembangunan keberlanjutan didefinisikan sebagai pembangunan yang dapat memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri (Shah., 2008). Dalam prinsip berkelanjutan, salah satu industri yang mempunyai peran penting adalah konstruksi.

Dalam kurun waktu 10 tahun ini, industri konstruksi telah menunjukkan peningkatan yang signifikan. Pada saat bersamaan industri konstruksi mempunyai masalah-masalah yang diakibatkan oleh waste penggunaan material konstruksi dalam jumlah yang sangat besar (Polat dan Ballard, 2004). Hal ini diindikasikan adanya sifat dasar dari industri

konstruksi melibatkan sejumlah proses yang berbeda pada setiap tahapnya dan menggunakan sumber daya dalam jumlah besar. Proses ini memiliki dampak yang signifikan pada lingkungan (Horsley, 2003) dalam jumlah besar dan beragam.

Beberapa studi memberikan definisi yang berbeda-beda terhadap waste konstruksi, hal ini dipengaruhi oleh jenis konstruksi. Menurut Yahya & Boussabaine (2004), waste material konstruksi mengacu pada bahan - bahan dari site konstruksi yang tidak dapat digunakan untuk mencapai tujuan proyek konstruksi dan harus dibuang karena alasan apapun. Waste material konstruksi didefinisikan sebagai sesuatu bahan yang tidak digunakan dan merupakan hasil dari proses konstruksi yang berjumlah besar sehingga menimbulkan dampak negatif pada lingkungan sekitar. Waste material konstruksi dihasilkan dalam setiap proyek konstruksi, baik pada tahap pelaksanaan

maupun pada tahap pembongkaran (construction and demolition). Uraian diatas memperlihatkan pentingnya penelitian ini dilakukan pada tahap proses pelaksanaan konstruksi terutama pada pekerjaan struktur.

TINJAUAN PUSTAKA

Proyek konstruksi

Proyek didefinisikan sebagai kombinasi kegiatan-kegiatan yang saling berkaitan yang harus dilakukan dalam urutan waktu tertentu sebelum keseluruhan tugas diselesaikan (Nurhayati 2010). Menurut Munawaroh (2003) menyatakan bahwa proyek merupakan bagian dari program kerja suatu organisasi yang sifatnya temporer untuk mendukung pencapaian tujuan organisasi, dengan memanfaatkan sumber daya manusia maupun non sumber daya manusia.

Berdasarkan kajian di atas dapat dijelaskan bahwa proyek adalah suatu upaya yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dan sumber daya yang tersedia, yang disesuaikan dengan jangka waktu tertentu. Komponen kegiatan utama proyek jenis ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain engineering, pengadaan dan konstruksi. Menurut Ervianto (2005) suatu proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Selain itu, proyek konstruksi juga memiliki karakteristik yaitu bersifat unik, membutuhkan sumber daya (manpower, material, machines, money, method), serta membutuhkan organisasi.

Struktur atas

Berdasarkan SNI 1726, 2012 struktur bangunan gedung terdiri dari struktur bawah dan struktur atas. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur basement, dan atau struktur fondasinya. Struktur atas adalah bagian dari struktur gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur atas terdiri dari kolom, balok, pelat, dan tangga.

Menurut Nawy, (1990) Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan collapse (runtuhnya) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (ultimate total collapse) seluruh strukturnya. Balok merupakan elemen struktural yang menyalurkan beban-beban dari pelat lantai ke kolom sebagai penyangga vertikal. Pada umumnya balok dicor secara monolit dengan pelat dan secara struktural dipasang tulangan dibagian bawah atau dibagian atas dan bawah. Dua hal utama yang dialami oleh balok adalah tekan dan tarik, yang antara lain adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral. Balok juga memiliki karakteristik penulangan pada satu sisi saja, khususnya untuk tahanan terhadap lentur (Wahyudi dan Rahim, 1999). Pelat lantai adalah elemen horizontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke kerangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur. Elemen-elemen tersebut dapat dibuat sehingga bekerja dalam satu arah atau bekerja dalam dua arah (Nawy, 1990). Tangga merupakan suatu komponen struktur yang terdiri dari pelat, bordes dan anak tangga yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya.

Baja tulangan

Baja tulangan berbentuk batang penampang bundar yang digunakan untuk penulangan beton. Baja tulangan diproduksi dari bahan baku billet dengan cara canai panas (hot rolling). Bahan baku yang digunakan adalah billet baja sesuai Standar Nasional Indonesia. Ukuran nominal baja tulangan sesuai dengan yang ditetapkan. Berdasarkan bentuknya baja tulangan beton dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton sirip.

Bekisting

Bekisting merupakan struktur sementara yang dapat didirikan dengan cepat. Pemasangan struktur sementara tersebut dipasang beberapa

jam sebelum pengecoran dan dalam beberapa hari dibongkar untuk digunakan kembali di masa mendatang (Nemati, 2007). Pada umumnya sebuah bekisting serta alat-alat penopangnya merupakan sebuah konstruksi yang bersifat sementara dengan tiga fungsi utama, yaitu memberikan bentuk kepada sebuah konstruksi beton, memperoleh struktur permukaan yang diharapkan, untuk memikul beton, hingga konstruksi tersebut cukup keras untuk dapat memikul diri sendiri, peralatan dan tenaga kerja

Waste

Waste diartikan sebagai segala macam kehilangan yang dihasilkan dari sebuah aktivitas yang menghasilkan biaya, baik secara langsung maupun secara tidak langsung, tetapi tidak menambah manfaat / nilai suatu produk dari sudut pandang klien (Alwi, 2002). Menurut Alwi (2002), kategori waste dibagi menjadi lima kategori, yaitu repair, waiting periods, materials, human resources dan operations. Selanjutnya kategori faktor penyebab waste terdiri dari enam kategori, yakni people, professional management, design and documentation, material, execution dan external. Menurut Purnawan (2017) waste pada pekerjaan struktur dibagi menjadi 3, yaitu:

a. Pembesian

Pekerjaan pembesian merupakan bagian dari pekerjaan struktur. Pekerjaan ini memegang peranan penting dari aspek kualitas pelaksanaan mengingat fungsi besi tulangan yang penting dalam kekuatan struktur gedung. Dalam melakukan pekerjaan pembesian kadang tukang melakukan kesalahan seperti kesalahan dalam menghitung besi yang dibutuhkan yang menyebabkan kesalahan dalam pemotongan. Hal itu dapat menimbulkan construction waste yang merugikan lingkungan sekitar.

b. Pembetonan

Pekerjaan pembetonan atau pengecoran adalah penuangan beton segar ke dalam cetakan suatu elemen struktur yang telah dipasang besi tulangan. Beton merupakan material yang agak sulit dikendalikan waste-nya. Dalam perencanaan, unsur waste ini di tetapkan 3%-5%, akibatnya terjadi pembengkakan biaya akibat tambahan biaya yang tidak disadari. Berikut

penyebab utama terjadinya waste beton, metode pengecoran yang kurang baik, perencanaan tenaga kerja yang tidak efektif, waktu pengecoran yang tidak tepat, perencanaan pengujian atau test yang tidak sesuai, isi beton segar terlalu banyak, beton terbuang pada saat penuangan dan perhitungan volume pemesanan yang berlebih.

c. Bekisting

Bekisting adalah cetakan sementara yang digunakan untuk menahan beton selama beton dituang dan dibentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Kayu yang digunakan untuk bekisting semakin lama semakin sulit untuk didapat. Sehingga para pekerja di proyek konstruksi di tuntut untuk bisa memaksimalkan penggunaan kayu dan triplek. Namun kadang kelalaian yang dilakukan pekerja konstruksi menghasilkan waste.

METODE PENELITIAN

Metode purposive sampling digunakan pada penelitian ini. Pengambilan data dilakukan dengan observasi secara langsung pada pekerjaan struktur atas yang sedang berlangsung. Observasi dilakukan dengan mencatat hasil dari data RAB (jumlah yang diperlukan berdasarkan estimasi) dan RAP (jumlah yang dibeli) yang telah dipersiapkan sesuai dengan formulir survei. Setelah memperoleh data yang diperlukan, dilakukan pengolahan data dengan menggunakan formula yang diperoleh pada saat wawancara dengan site manager pada proyek Pembangunan RS X Tahap 1.

- a. Untuk mendapatkan besarnya waste dapat dilihat pada formula 1.

$$W = \sum B - \sum E \quad (1)$$

Keterangan: W = Waste; $\sum B$ = Jumlah yang dibeli; $\sum E$ = jumlah yang diperlukan berdasarkan estimasi.

- b. Untuk mendapatkan persentase waste dapat dilihat pada formula 2.

$$\%W = (W \div \sum B) \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan: $\%W$ = Persentase waste; W = waste; $\sum B$ = Jumlah yang dibeli

- c. Untuk mendapatkan jumlah bekisting jika menggunakan bongkaran pada lantai sebelumnya.

$$\sum F = \sum Bx + (\sum Bx - 1 \times \%B) \quad (3)$$

Keterangan: $\sum F$ = Jumlah bekisting yang digunakan; $\sum Bx$ = Jumlah bekisting yang dibeli pada lantai x; $\sum Bx - 1$ = Jumlah bekisting yang dibeli pada lantai x-1; $\%B$ = persentase bongkaran bekisting.

- d. Untuk mendapatkan besarnya waste bekisting

$$WF = \sum B \times (100\% - \%B) \quad (4)$$

Keterangan: WF = waste bekisting; $\%B$ = persentase bongkaran bekisting.

PEMBAHASAN

Ruang lingkup penelitian meliputi proyek konstruksi dengan jumlah lantai minimal 5 lantai dan sedang pada tahap pelaksanaan pekerjaan struktur atas. Obyek yang diobservasi selama proyek berlangsung adalah penggunaan material yang meliputi volume kayu, beton, baja tulangan, dan kawat bendrat. Data RAB dan RAP yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah dengan menggunakan formula diatas. Formula diatas didapat dari hasil wawancara di Proyek Pembangunan Rumah Sakit X Tahap 1. Data hasil survei Proyek Pembangunan Tahap I RS X dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 dapat diperlihatkan bahwa penggunaan dan pembelian banyaknya material yang tertera pada setiap lantai. Berikut adalah contoh perhitungan jumlah waste, persentase waste, dan jumlah bekisting yang digunakan pada lantai selanjutnya setelah ditambahkan dengan persentase jumlah bekisting yang digunakan kembali pada lantai sebelumnya, pada Tabel 2.

Berikut adalah contoh perhitungan data yang diolah dari Tabel 2.

- a. Perhitungan jumlah bekisting yang digunakan di lantai 2

$$\begin{aligned} \sum F &= \sum B_x + (\sum B_{(x-1)} \times \%B) \\ &= 1.550,25 \text{ m}^2 + (2.576,39 \text{ m}^2 \times 15\%) \\ &= 1.936,71 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Perhitungan jumlah waste

$$\begin{aligned} WF &= \sum F \times (100\% - \%B) \\ &= 1.936,71 \text{ m}^2 \times (100\% - 15\%) \\ &= 1.646,20 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ Tulangan D10} &= \sum B - \sum E \\ &= 8.945,15 \text{ kg} - 8.945,15 \text{ kg} \\ &= 0 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ Tulangan D22} &= \sum B - \sum E \\ &= 23.355,6 \text{ kg} - 23.124,42 \text{ kg} \\ &= 231,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ Tulangan D19} &= \sum B - \sum E \\ &= 1.636,41 \text{ kg} - 1.636,41 \text{ kg} \\ &= 0 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ Tulangan D16} &= \sum B - \sum E \\ &= 2.900 \text{ kg} - 2.907,02 \text{ kg} \\ &= -7,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ Tulangan D13} &= \sum B - \sum E \\ &= 96,6 \text{ kg} - 96,68 \text{ kg} \\ &= -0,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ Beton K-300} &= \sum B - \sum E \\ &= 214 \text{ m}^3 - 213,33 \text{ m}^3 \\ &= 0,67 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ Kawat Bendrat} &= \sum B - \sum E \\ &= 2013,25 \text{ kg} - 1835,48 \text{ kg} \\ &= 177,77 \text{ kg} \end{aligned}$$

- c. Perhitungan persentase waste

$$\begin{aligned} \%W \text{ bekisting} &= (W \div \sum F) \times 100\% \\ &= (1.646,20 \text{ m}^2 \div 1.936,71 \text{ m}^2) \times 100\% \\ &= 85\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%W \text{ Tulangan D 10} &= (W \div \sum B) \times 100\% \\ &= (0 \text{ kg} \div 8.945,15 \text{ kg}) \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%W \text{ Tulangan D 22} &= (W \div \sum B) \times 100\% \\ &= (231,18 \text{ kg} \div 23.355,6 \text{ kg}) \times 100\% \\ &= 0,99\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%W \text{ Tulangan D 19} &= (W \div \sum B) \times 100\% \\ &= (0 \text{ kg} \div 1.636,41 \text{ kg}) \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%W \text{ Tulangan D 16} &= (W \div \sum B) \times 100\% \\ &= (-7,02 \text{ kg} \div 2.900 \text{ kg}) \times 100\% \\ &= -0,24\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%W \text{ Tulangan D 13} &= (W \div \sum B) \times 100\% \\ &= (-0,08 \text{ kg} \div 96,6 \text{ kg}) \times 100\% \\ &= -0,08\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%W \text{ Beton K-300} &= (W \div \sum B) \times 100\% \\ &= (0,67 \text{ m}^3 \div 214 \text{ m}^3) \times 100\% \\ &= 0,31\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%W \text{ Kawat Bendrat} &= (W \div \sum B) \times 100\% \\ &= (177,77 \text{ kg} \div 2.013,25 \text{ kg}) \times 100\% \\ &= 8,83\% \end{aligned}$$

Tabel 1. Data Volume Penggunaan Material Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit X Tahap 1

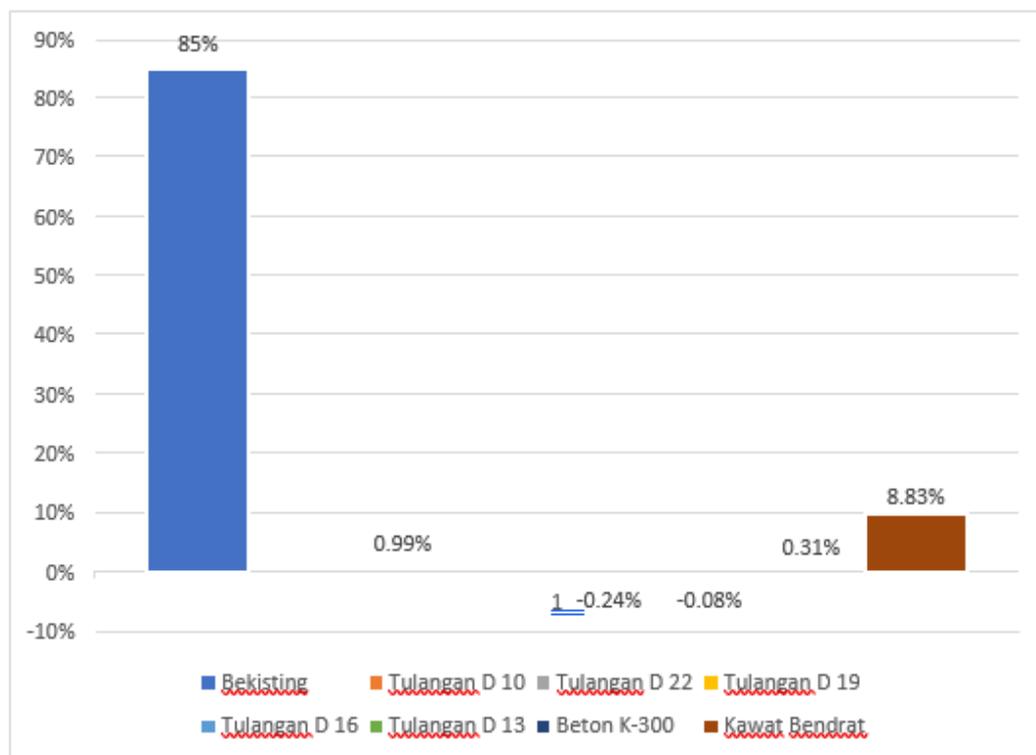
<i>Jenis Material</i>	<i>Penggunaan di Lantai/ Area</i>		<i>Jumlah yang diperlukan berdasarkan estimasi</i>	<i>Satuan</i>	<i>Jumlah yang dibeli</i>	<i>Satuan</i>	<i>Keterangan</i>
Kayu	1		2.453,7	m2	2.576,39	m2	-
	2		1.833,25	m2	1.550,25	m2	15% ambil dari bongkaran lt 1
	3		1.833,25	m2	1.550,25	m2	15% ambil dari bongkaran lt 2
	4		1.833,25	m2	1.833,25	m2	
	5		1.833,25	m2	1.649,9	m2	10% ambil dari bongkaran lt 4
Baja tulangan (Jumlah)							
Ø 8	1		1.143,03	kg	1.200,18	kg	-
D 10			23.397,67	kg	23.033,18	kg	-
Ø 12							-
D 22			13.120,14	kg	13.513,75	kg	-
D 19			13.049,15	kg	13.368,8	kg	-
D 16			5.740,86	kg	5.794	kg	-
D 13			1.213,54	kg	1.237,26	kg	-
Ø 8	2		-	-	-	-	-
D 10			8.945,15	kg	8.945,15	kg	-
Ø 12			-	-	-	-	-
D 22			23.124,42	kg	23.355,6	kg	-
D 19			1.636,41	kg	1.636,41	kg	-
D 16			2.907,02	kg	2.900	kg	-
D 13			96,68	kg	96,6	kg	-
Ø 8	3		-	-	-	-	-
D 10			8.945,15	kg	8.945,15	kg	-
Ø 12			-	-	-	-	-
D 22			23.124,42	kg	23.355,6	kg	-
D 19			1.636,41	kg	1.636,41	kg	-
D 16			2.907,02	kg	2.911,16	kg	-
D 13			96,68	kg	100,414	kg	-
Ø 8	4		-	-	-	-	-
D 10			8.945,15	kg	8.955	kg	-
Ø 12			-	-	-	-	-
D 22			23.124,42	kg	23.161	kg	-
D 19			1.636,41	kg	1.682	kg	-
D 16			2.907,02	kg	2.911	kg	-
D 13			96,68	kg	97,81	kg	-
Ø 8	5		-	-	-	-	-
D 10			8.945,15	kg	8.943	kg	-
Ø 12			-	-	-	-	-
D 22			23.124,42	kg	23.117	kg	-
D 19			1.636,41	kg	1.641	kg	-
D 16			2.907,02	kg	2.899	kg	-
D 13			96,68	kg	100,08	kg	-
Beton K-300	1		463,91	m3	465	m3	-
	2		213,33	m3	214	m3	-
	3		213,23	m3	214	m3	-
	4		212,23	m3	214	m3	-
	5		212,23	m3	213	m3	-
Kawat Bendrat	1		-	-	-	-	-
	2		1.835,48	kg	2.013,25	kg	-
	3		1.835,48	kg	1.798,41	kg	-
	4		1.835,23	kg	1.807,06	kg	-
	5		1.835,48	kg	1.807,6	kg	-

Tabel 2. Hasil Perhitungan Waste Material Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit X Tahap 1

Jenis Material	Penggunaan di Lantai/ Area	Jumlah yang diperlukan berdasarkan estimasi ($\sum E$)	Satuan	Jumlah yang dibeli ($\sum B$)	Satuan	Waste (W)	Satuan	Persentase Waste (%W)	Jumlah Bekisting yang digunakan
Bekisting	2	1.833,25	m ²	1.550,25	m ²	1.646,20	m ²	85%	1.936,71
Tulangan D 10	2	8.945,15	kg	8.945,15	kg	0	kg	0,00%	-
Tulangan D 22		23.124,42	kg	23.355,6	kg	231,18	kg	0,99%	-
Tulangan D 19		1.636,41	kg	1.636,41	kg	0	kg	0,00%	-
Tulangan D 16		2.907,02	kg	2.900	kg	-7,02	kg	-0,24%	-
Tulangan D 13		96,68	kg	96,6	kg	-0,08	kg	-0,08%	-
Beton K-300	2	213,33	m ³	214	m ³	0,67	m ³	0,31%	-
Kawat Bendrat	2	1.835,48	kg	2.013,25	kg	177,77	kg	8,83%	-

Hasil perhitungan diatas dapat diolah dalam bentuk diagram seperti yang diperlihatkan pada

Gambar 1.



Gambar 1. Persentase waste material konstruksi pada proyek pembangunan Rumah Sakit X tahap 1 di lantai 2 digunakan kembali pada lantai 3 sebesar 15%.

Gambar 1 memperlihatkan bahwa persentase waste terbanyak pada lantai 1 adalah bekisting sebesar 85%, sedangkan pada tulangan D 16 memperlihatkan -0,24% dan pada tulangan D 13 juga memperlihatkan -0,08%. Waste pada bekisting mencapai nilai 85% disebabkan bongkaran bekisting pada lantai 2 dapat

digunakan kembali pada lantai 3 sebesar 15%. Hasil minus pada tulangan D 10 dan tulangan D 13 terjadi karena adanya efisiensi (jumlah pembelian barang lebih sedikit dari pada jumlah perhitungan estimasi) sehingga tidak menghasilkan waste.

Kayu bekisting memiliki jumlah waste yang terlalu besar sehingga dapat mengancam kebutuhan kayu yang akan datang. Hal tersebut tidak sesuai dengan konsep berkelanjutan,

dimana konsep berkelanjutan harus dapat memenuhi kebutuhan saat ini dan yang akan datang.

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah diolah, maka dapat disimpulkan bahwa persentase waste terbesar adalah bekisting. Bekisting berkontribusi terbesar pada jumlah waste karena bekisting banyak yang terbuang seperti yang terjadi pada bekisting lantai 1. Bongkaran bekisting pada lantai 1 hanya 15% yang digunakan kembali pada pekerjaan di lantai 2, sedangkan 85% nya tidak dapat digunakan kembali sehingga menjadi waste material konstruksi. Data material yang telah dihitung terdapat hasil minus (-). Hasil minus didapat dari material yang mengalami efisiensi pada penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, S., Hampson, K.D., dan Mohamed, S.A., 2002. *Non-Value-adding Activities: A Comparative Study of Indonesian and Australian Construction Project*, Australia, 157.
- Alwi, S., Hampson, K.D., dan Mohamed, S.A., 2002. "Waste in Indonesian Construction Projects: 1st International Conference of CIB W107 -Creating a sustainable Construction Industry in Developing Countries, South Afrika". Bagian pengertian tangga diperoleh dari situs <https://civilengginering.wordpress.com/tag/struktur-bangunan/>. Diunduh pada tanggal 18 Januari 2019, Pukul 19.58 WIB
- Ervianto, I.W. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi* Edisi Revisi. Yogyakarta
- Horsley A., France C. and Quartermass B., (2003), "Delivering Energy Efficient Buildings: A Design Procedure to Demonstrate Environmental and Economic Benefits", *Journal of Construction Management and Economics*, Vol. 21, 345.
- Munawaroh. (2003), *Principle of Management Construction*. Jendela Ilmu: Semarang
- Nawy, E. G., (1990), *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Erlangga, Jakarta
- Nemati K. M. (2007), *Formwork for Concrete*. University of Washington
- Nurhayati (2010) *Manajemen Proyek*. Graha Ilmu: Jogjakarta
- Polat, G., Ballard, G., (2004), *Waste in Turkish Construction: Need for Lean Construction Techniques*
- Purnawan, P.Y., (2017), *Pengelolaan Limbah untuk Pekerjaan Struktur pada Proyek Konstruksi di Daerah Istimewa Yogyakarta*. UAJY
- Shah, M.M. (2008), *Encyclopedia of ecology*. Elsevier: Amsterdam
- SNI 07-2052-2002, *Baja Tulangan Beton*
- SNI 1726: 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- Wahyudi, L. Rahim, S. A., (1999), *Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI T-15-1991-03*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Yahya, K. dan Boussabaine, A.H. (2004), "Eco-costs of sustainable construction waste management", *Proceedings of the 4th International Postgraduate Research Conference*, Salford, pp. 142-50.