

ANALISIS WASTE MATERIAL DAN FAKTOR PENYEBAB PADA PROYEK APARTEMEN X

Ramadhan Rizki Faruki¹ dan Henny Wiyanto²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1 Jakarta
ramadhan.325180121@stu.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1 Jakarta
hennyw@ft.untar.ac.id

Masuk: 13-07-2023, revisi: 28-07-2023, diterima untuk diterbitkan: 29-07-2023

ABSTRACT

In the implementation of construction projects, materials are one of the most influential elements. Leftover construction materials that cannot be reused in projects, produce waste that is difficult to avoid. Research on waste in construction materials conducted at the Jakarta x apartment project. Analyzing and determining the materials that contribute to causing waste by using the Pareto Law of 20-80 only 20% of the total material is considered important and has an 80% impact on waste. Found 18 types of materials that cause waste from 92 materials used in the project. Each material produces waste with various volumes which results in cost losses. Quantitative calculations are carried out to determine the volume of waste, the amount of waste, and the cost of waste. D22 rebar is the type of material that causes the largest volume wastage. While the type of material that causes the biggest waste cost of the apartment project x is formwork material of Rp. 3,489,630,538, -. The total waste generated in the apartment project x is worth 3.30% with a total loss of Rp. 14,559,828,675, -. The waste generated in apartment X is caused by various factors with the sequence of causes in the form of inappropriate designs, implementation errors, remaining pieces of material that can no longer be reused, calculation errors, to loss of material caused by theft on the project. After conducting an analysis using the comparative method of the factors that cause waste based on the literature, it can be concluded that the most common causal factor and the cause of losses is design changes. Thus, the executor can evaluate and find solutions to minimize wastage costs in similar projects.

Keywords: Waste; Pareto's Law 20-80; Quantitative Methods; Comparative Method; Faktors Causing Waste

ABSTRAK

Pada pelaksanaan proyek konstruksi, *material* menjadi salah satu elemen yang paling berpengaruh. Sisa *material* konstruksi yang tidak dapat dipergunakan kembali pada proyek, menghasilkan *waste* yang sulit dihindari. Penelitian mengenai *waste* pada *material* konstruksi dilakukan pada proyek apartemen x Jakarta. Menganalisis dan menentukan *material* yang berkontribusi menyebabkan *waste* dengan menggunakan *Pareto's Law 20-80* hanya 20% dari total *material* yang dianggap penting dan memiliki dampak 80% terhadap *waste*. Ditemukan 18 jenis *material* penyebab *waste* dari 92 *material* yang digunakan pada proyek. Masing-masing *material* menghasilkan *waste* dengan berbagai volume yang berdampak pada kerugian biaya. Perhitungan secara kuantitatif dilakukan untuk menentukan *volume waste*, *waste level*, dan *waste cost*. Besi beton D22 adalah jenis *material* yang menyebabkan *volume waste* terbesar. Sedangkan jenis *material* yang menyebabkan *waste cost* terbesar proyek apartemen x adalah *material* bekisting sebesar Rp. 3.489.630.538,-. Total *waste* yang dihasilkan pada proyek apartemen x adalah senilai 3,30% dengan total kerugian Rp. 14.559.828.675,-. *Waste* yang dihasilkan pada apartemen x, disebabkan oleh berbagai faktor dengan urutan penyebab berupa desain yang tidak sesuai, kesalahan pada pelaksana, sisa potongan *material* yang sudah tidak dapat digunakan kembali, kesalahan perhitungan, hingga *material* hilang yang diakibatkan pencurian pada proyek. Setelah dilakukan analisis menggunakan metode komparasi terhadap faktor penyebab *waste* berdasarkan literatur, dapat disimpulkan faktor penyebab yang paling sering terjadi dan menyebabkan kerugian adalah perubahan desain. Sehingga, dapat dilakukan evaluasi dan pencarian solusi oleh pelaksana untuk meminimalisir *waste cost* dalam proyek sejenis.

Kata Kunci: Waste; Pareto law 20-80; Metode Kuantitatif; Metode Komparasi; Faktor Penyebab Waste

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki jumlah penduduk yang terus meningkat. Tingginya angka pertumbuhan penduduk diiringi dengan keterbatasan lahan yang membuat kebutuhan akan hunian masyarakat beralih menjadi hunian dengan konsep gedung bertingkat (apartemen). Di sisi lain, industri *construction* dinilai menimbulkan masalah diakibatkan oleh *waste* dalam pembangunan proyek (Yogi Nugraha Wiryonoto & Suharyantp, 2017). Pembangunan yang dilakukan dengan menggunakan *material* berjumlah cukup besar tanpa terkontrolnya *material* dengan manajemen yang berlaku disetiap proyek akan menghasilkan *waste* (Luangcharoenrat, et al., 2019).

Pembangunan menimbulkan masalah berupa meningkatnya degradasi kualitas lingkungan yang disebabkan *waste* pada kegiatan konstruksi. Studi telah menunjukkan 50% limbah yang dihasilkan berasal dari kegiatan konstruksi (Ervianto, et al., 2013). Hal ini dikarenakan *material* menentukan besarnya biaya yang akan dikeluarkan dari suatu proyek bisa menjadi dampak buruk bagi kontraktor dengan *waste material* yang dihasilkan pada proyek konstruksi dari tahap *construction* maupun tahap *demolition*. Penelitian di Belanda menunjukkan bahwa proyek konstruksi mencapai 9% dari semua *material* yang berakhir menjadi *waste* (Bossink & Brouwers, 1996).

Menurut (Waty, et al., 2018) *Waste* konstruksi diidentifikasi sebagai hilangnya sumber daya fisik dalam hal biaya dan waktu yang berkaitan dengan pekerja maupun peralatan. Namun, *waste* bisa dipergunakan kembali, didaur ulang, dijual kembali, atau diberikan kepada orang lain untuk digunakan kembali sesuai kebutuhan.

Sehingga dalam penelitian ini penulis menggunakan proyek apartemen x di Jakarta sebagai contoh untuk menentukan *material* yang menjadi penyumbang utama jumlah *waste* dengan menganalisis hasil dari perhitungan *volume waste*, *waste level*, serta *waste cost* kerugian yang terjadi. Tujuan pada penelitian adalah untuk mengetahui *waste material*, *waste cost* dan melihat kesesuaian antara sumber dari jenis *material* yang diakibatkan *waste* berdasarkan proyek apartemen x terhadap literatur.

Definisi *Waste*

Waste dalam bidang konstruksi yaitu *material* sampah yang berasal dari sisa-sisa pembangunan dalam pelaksanaan konstruksi yang timbul karena rusak atau tidak dapat dipakai dan digunakan kembali, serta suatu pemborosan *material* akibat dari pemakaian yang tidak diawasi sehingga *volume material* yang direncanakan berbeda pada pelaksanaan dilapangan (Tafesse & Adugna, 2021).

Material Waste

Beberapa jenis *material* penyebab terjadinya *waste* atau sisa-sisa *material* yang sudah tidak bisa digunakan kembali bisa didapat dari kayu bekisting, keramik, batu bata, dan kalsiboard atau gypsum (Hastuti, et al., 2015), besi, semen dan kayu (Devia, et al., 2010), besi tulangan, readymix, kawat bendrat (Kristianto, et al., 2019).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Sumber data

1. Data primer berupa observasi lapangan yang didukung dengan wawancara oleh Pelaksana Lapangan, Pengawas Lapangan, Manajer Proyek dan analisa data proyek yang berkaitan dengan faktor penyebab *waste material*.
2. Data sekunder berupa perhitungan pendukung data proyek seperti:
 - a. *Bill Of Quantity* diperoleh untuk mengidentifikasi *material*.
 - b. Harga satuan standar *material* diperlukan untuk melakukan analisis *Pareto's Law 20-80*.
 - c. Laporan bulanan jumlah *material* yang masuk/tersedia (data pembelian *material*), jumlah *material* yang terpasang (data pemakaian *material* dilapangan) diperlukan untuk menentukan *volume waste material* dan nilai kontrak.

Metode analisis data

Dibagi menjadi 3 tahap yaitu, tahap pertama berdasarkan (Aulia, et al., 2016), analisis *material waste* dominan dengan menggunakan *pareto law 20-80* dimana grafik batang menunjukkan 20% *material* yang diteliti dan memiliki nilai sebesar 80% dampak yang sering terjadi sampai yang paling sedikit terjadi dari total keseluruhan *material* rencana pada apartemen x. Tahap kedua, menentukan kuantitas *material* dari *volume waste*, *waste level*, *waste cost* menggunakan metode kuantitatif dan tahap ketiga menganalisis faktor penyebab terjadinya *waste* menggunakan metode komparasi antara penyebab *waste* berdasarkan literatur dengan penyebab *waste* yang terjadi di apartemen x.

Menentukan Kuantitas *Material* Konstruksi

Rahmawati (2012), menentukan besaran *waste* pada proyek bangunan gedung bertingkat dapat di tentukan dengan rumus pendekatan menggunakan metode kuantitatif yaitu:

Volume Waste

Volume waste diperoleh dari menentukan volume material siap pakai di lokasi berdasarkan *bill of quantity* dan menentukan jumlah material terpasang berdasarkan *as-built drawing*. Metode pendekatan dengan Persamaan 1.

$$VW = V_{m_{ia}} - V_{m_{ng}} \quad (1)$$

Keterangan:

$V_{m_{ia}}$: volume material tersedia

$V_{m_{ng}}$: volume material terpasang

Waste Level

Menentukan Waste level dari setiap elemen material yang diperiksa untuk mendapatkan estimasi jumlah sisa material yang terbuang pada suatu proyek dalam bentuk persen (%). Waste level ditentukan dengan Persamaan 2.

$$WL = \frac{VW}{V_{m_{ia}}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

VW : volume waste

$V_{m_{ia}}$: volume material tersedia

Waste Cost

Digunakan untuk menentukan apakah volume waste yang besar menghasilkan waste cost yang tinggi. Sehingga agar mendapatkan data yang akurat menggunakan rumus pendekatan pada Persamaan 3.

$$WC = WL \times Bp \times \sum_n \quad (3)$$

Keterangan:

WL : waste level (%)

Bp : bobot pekerjaan

\sum_n : nilai kontrak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis material waste

Menganalisis material waste untuk menentukan material dengan potensi besar terhadap waste dengan metode *pareto law*. Terdapat total 92 tipe material yang digunakan pada proyek apartemen x meliputi struktur basement, struktur podium dan struktur tower. Dimana hanya 20% dari total material yang dianggap penting dan memiliki dampak 80% terhadap terjadinya waste.

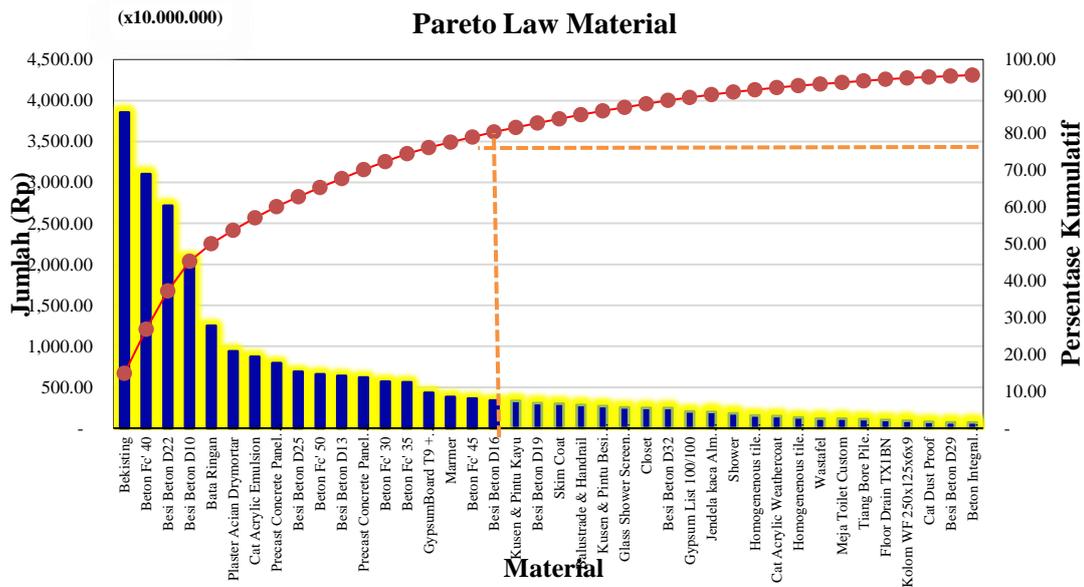
Tabel 1. Perhitungan metode *pareto*

No.	Tipe Material	Sat.	Volume Material Tersedia	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Jumlah Kumulatif (Rp)	Total (%)	Presentase Kumulatif
1	Bekisting	m ²	154.166	250.000	38.541.500.000	38.541.500.000	14,85	14,85
2	Beton Fc' 40	m ³	15.514	2.000.000	31.028.340.000	69.569.840.000	11,95	26,80
3	Besi Beton D22	kg	1.508.855	18.000	27.159.402.060	96.729.242.060	10,46	37,26
4	Besi Beton D10	kg	1.296.259	16.000	20.740.148.640	117.469.390.700	7,99	45,25
5	Bata Ringan	m ²	80.586	155.000	12.490.949.350	129.960.340.050	4,81	50,06
6	Plaster Acian Drymortar	m ²	75.042	125.000	9.380.363.750	139.340.703.800	3,61	53,68
7	Cat Acrylic Emulsion	m ²	134.231	65.000	8.725.066.350	148.065.770.150	3,36	57,04
8	Precast Concrete Panel 200x100mm	m ²	4.405	1.800.000	7.929.000.000	155.994.770.150	3,05	60,09
9	Besi Beton D25	kg	383.692	18.000	6.906.456.000	162.901.226.150	2,66	62,75
10	Beton Fc' 50	m ³	2.993	2.200.000	6.584.666.000	169.485.892.150	2,54	65,29
11	Besi Beton D13	kg	398.885	16.000	6.382.164.640	175.868.056.790	2,46	67,75

Tabel 1 (Lanjutan). Perhitungan metode *pareto*

No.	Tipe <i>Material</i>	Sat.	<i>Volume Material Tersedia</i>	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Jumlah Kumulatif (Rp)	Total (%)	Presentase Kumulatif
12	Precast Concrete Panel T100mm	m ²	10.646	580.000	6.175.039.600	182.043.096.390	2,38	70,13
13	Beton Fc' 30	m ³	3.792	1.500.000	5.688.000.000	187.731.096.390	2,19	72,32
14	Beton Fc' 35	m ³	3.294	1.700.000	5.599.800.000	193.330.896.390	2,16	74,48
15	GypsumBoard T9 + Instalasi	m ²	28.806	150.000	4.320.900.000	197.651.796.390	1,66	76,14
16	Marmar	m'	587	6.520.000	3.828.935.200	201.480.731.590	1,48	77,62
17	Beton Fc' 45	m ³	1.722	2.100.000	3.616.200.000	205.096.931.590	1,39	79,01
18	Besi Beton D16	kg	212.704	16.000	3.403.275.680	208.500.207.270	1,31	80,32
19	Kusen & Pintu Kayu	bh	2.223	1.500.000	3.334.500.000	211.834.707.270	1,28	81,61
20	Besi Beton D19	kg	170.315	18.000	3.065.681.700	214.900.388.970	1,18	82,79
21	Skim Coat	m ²	71.304	42.000	2.994.782.280	217.895.171.250	1,15	83,94
22	Balustrade & Handrail	m	2.270	1.250.000	2.837.500.000	220.732.671.250	1,09	85,03
23	Kusen & Pintu Besi Th Api	bh	459	5.890.000	2.703.510.000	223.436.181.250	1,04	86,07
24	Glass Shower Screen T 12mm	m ²	2.674	950.000	2.540.300.000	225.976.481.250	0,98	87,05
25	Closet	bh	992	2.499.000	2.479.008.000	228.455.489.250	0,95	88,01
26	Besi Beton D32	kg	137.196	18.000	2.469.528.000	230.925.017.250	0,95	88,96
27	Gypsum List 100/100	m	30.582	67.000	2.049.054.300	232.974.071.550	0,79	89,75
28	Jendela kaca Alm clear 8mm	bh	145	13.700.500	1.986.572.500	234.960.644.050	0,77	90,51
29	Shower	bh	866	2.100.000	1.818.600.000	236.779.244.050	0,70	91,21
30	Homogenous tile 400 x 400 mm	m ²	6.246	250.000	1.561.595.000	238.340.839.050	0,60	91,82
31	Cat Acrylic W	m ²	26.893	55.000	1.479.149.100	239.819.988.150	0,57	92,39
32	Homogenous tile 600 x 600 mm	m ²	4.399	300.000	1.319.700.000	241.139.688.150	0,51	92,89
33	Wastafel	bh	993	1.182.000	1.173.726.000	242.313.414.150	0,45	93,35
34	Meja Toilet Custom	bh	977	1.200.000	1.172.400.000	243.485.814.150	0,45	93,80
35	Tiang Bore Pile D1000 mm	bh	213	5.200.000	1.107.600.000	244.593.414.150	0,43	94,22
36	Floor Drain TX1BN	bh	3.102	325.000	1.008.150.000	245.601.564.150	0,39	94,61
37	Kolom WF 250x125x6x9	kg	32.739	28.000	916.701.800	246.518.265.950	0,35	94,97
38	Cat Dust Proof	m ²	2.213	350.000	774.550.000	247.292.815.950	0,30	95,26
39	Besi Beton D29	kg	39.696	18.000	714.528.000	248.007.343.950	0,28	95,54
40	Beton Integral Waterproofing	m ³	5.884	120.500	709.061.765	248.716.405.715	0,27	95,81
DST.								
					Total: 259.585.025.070		100	

Pada Tabel 1, ditunjukkan perhitungan *Pareto law* dari 92 tipe *material* yang digunakan pada proyek apartemen x. Hanya terdapat 40 tipe *material* yang masuk kedalam kategori berpotensi terjadinya *waste* mulai dari persentasi kumulatif sebesar 14,85% pada *material* bekisting hingga *material bracing* pipa dia 2,5” dengan persentase kumulatif sebesar 100%. Sehingga, 52 tipe *material* lainnya masuk kedalam kategori aman, tidak menunjukkan permasalahan yang harus segera diselesaikan.



Gambar 1. Pareto Material

Analisis *Pareto law* Gambar 1, axis bawah menunjukkan tipe *material* yang dipakai pada proyek apartemen x, axis kanan menunjukkan pesentase kumulatif (%) dan axis kiri menunjukkan jumlah dari setiap *material* (Rp). Selanjutnya, grafik dapat ditarik lurus dari axis kanan yang menunjukkan 80% hingga berpotongan dengan garis kurva, kemudian ditarik garis ke axis bawah yang menunjukkan tipe *material*, didapat 18 jenis *material* tersebut pada batang berwarna biru. diketahui nilainya masuk kedalam persentase kumulatif 80% dari bekisting hingga besi beton D16.

Menentukan *Volume Waste*

Menentukan *Volume waste* untuk mengetahui besaran *waste* yang diakibatkan dari setiap *material* yang sudah ditetapkan pada analisis *Pareto law*. *Volume waste* ditentukan menggunakan Persamaan 4.

$$VW = Vm_{ia} - Vm_{ng} \quad (4)$$

Dengan Vm_{ia} = *volume material* tersedia, Vm_{ng} = *volume material* terpasang

Menentukan *volume waste* pada *material* besi beton D10 yang diperoleh dari laporan bulanan sebesar 1.296.259,59 kg dan *volume* terpasang didapat dari *final measurement* sebesar 1.218.499,62 kg, kemudian *volume* tersedia dikurangi dengan *volume* terpasang menghasilkan *volume waste*, untuk *material* besi beton D10 *volume waste* didapat sebesar 77.759,97 kg. Menentukan *volume waste* pada jenis-jenis *material* lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Menentukan *Waste Level*

Menentukan *waste level* untuk mendapatkan estimasi jumlah yang tersisa dalam suatu proyek bentuk persen (%) sehingga dapat dijadikan bahan evaluasi permasalahan *waste* yang terjadi dilapangan. Menentukan *waste level* pada *material* besi beton D19 menggunakan Persamaan 5.

$$WL = \frac{VW}{Vm_{ia}} \times 100\% \quad (5)$$

Dengan VW = *volume waste*, Vm_{ia} = *volume material* tersedia

Membandingkan *volume waste* sebesar 77.759,97 kg dengan *volume* tersedia 1.296.259,59 kg dan hasil tersebut dikali dengan 100% didapat nilai *waste level* dari *material* besi beton D10 sebesar 6%. Menentukan *waste level* pada jenis-jenis *material* lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Menentukan *Waste Cost*

Menentukan *waste cost* untuk melihat nilai kerugian pembelian dari setiap *material* yang terjadi terhadap nilai kontrak proyek. Menentukan *waste cost* hanya sampai mengetahui kerugian dari biaya pembelian pada proyek, serta bobot pekerjaan dipengaruhi dari jenis *material* yang digunakan pada proyek. Ditentukan dilakukan dengan Persamaan 6.

$$WC = WL \times Bp \times \sum_n \quad (6)$$

Keterangan:

WL : *waste level* (%)

Bp : bobot pekerjaan

\sum_n : nilai kontrak

Contoh perhitungan *waste cost* pada *material* besi beton D10:

- WL = 6,00%
- BP = $\frac{\text{Harga pekerjaan}}{\sum_n} \times 100\%$
 $= \frac{3.065.681.652.-}{363.968.830.264.-} \times 100\% = 0,057\%$
- WC = $6,00\% \times 0,057\% \times \text{Rp. } 363.968.830.264.- = \text{Rp. } 1.244.159.526.-$

Tabel 2. Hasil penentuan *waste level* dan *waste cost*

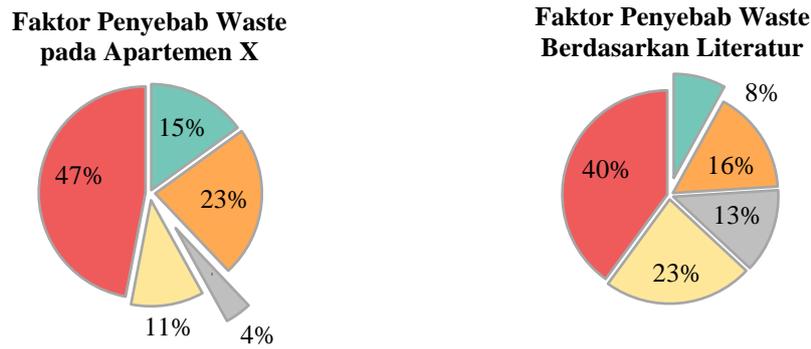
No.	Material yang diteliti	Sat.	Volume Material		Vol Waste	Waste Level (%)	Bobot Pekerjaan	Waste Cost (Rp)
			Tersedia	Terpasang				
1	Bekisting	m ²	154.166	140.208	13.957,63	9,05	0,106	3.489.407.801
2	Beton Fc' 40	m ³	15.514	14.781	733,16	4,73	0,085	1.466.327.540
3	Besi Beton D22	kg	1.508.855	1.366.253	142.602,30	9,45	0,075	2.566.841.335
4	Besi Beton D10	kg	1.296.259	1.218.499	77.759,97	6,00	0,057	1.244.159.526
5	Bata Ringan	m ²	80.586	77.934	2.652,77	3,29	0,034	411.179.350
6	Plaster Acian Drymortar	m ²	75.042	74.478	564,14	0,75	0,026	70.517.907
7	Cat Acrylic Emulsion	m ²	134.231	130.795	3.436,07	2,56	0,024	223.344.568
8	Precast Concrete Panel 200x100mm	m ²	4.405	4.300	105,00	2,38	0,022	189.000.000
9	Besi Beton D25	kg	383.692	361.602	22.089,40	5,76	0,019	397.609.162
10	Beton Fc' 50	m ³	2.993	2.983	9,90	0,33	0,018	21.780.261
11	Besi Beton D13	kg	398.885	398.704	180,97	0,05	0,018	2.895.542
12	Precast Concrete Panel T100mm	m ²	10.646	8.882	1.764,62	16,57	0,018	2.895.542
13	Beton Fc' 30	m ³	3.792	3.723	68,32	1,80	0,017	1.023.479.600
14	Beton Fc' 35	m ³	3.294	3.199	94,71	2,88	0,016	102.475.066
15	Gypsum Board T9 + Instalasi	m ²	28.806	25.111	3.694,76	12,83	0,015	161.003.336
16	Marmer	m'	587	208	379,00	64,54	0,012	554.214.683
17	Beton Fc' 45	m ³	1.722	1.697	25,00	1,45	0,011	2.471.093.040
18	Besi Beton D16	kg	212.704	205.704	7.000,28	3,29	0,010	52.495.539
Total:							14.559.828.675	

Hasil rekapitulasi *waste level* dan *waste cost* dari Tabel 2 dapat terlihat *material* yang memiliki *waste cost* terbesar pada *material* bekisting senilai Rp. 3.489.407.801.-. Sedangkan presentase *waste level* pada *material* besi beton D22 sebesar 9,45% dengan *volume waste* terbesar senilai 142.602,30, ini membuktikan bahwa *material* dengan persentase *waste level* yang tinggi belum tentu memiliki *waste cost* yang tinggi juga.

Analisis perbandingan faktor penyebab *waste*

Faktor penyebab *waste* dari 18 jenis *material* pada proyek apartemen x akan dibandingkan dengan faktor penyebab *waste* berdasarkan hasil penelusuran literatur. Salah satu literatur yang dijadikan acuan adalah mengenai penyebab *waste* konstruksi yang ditulis oleh Luangcharoenrat, et al (2019), Tafesse & Adugna (2021), Waty, et al (2018), Hartono, et al (2015), Bekr (2014). Hal ini dilakukan untuk melihat kesesuaian antara sumber dari jenis *material* berdasarkan proyek apartemen x terhadap literatur.

■ Desain ■ Pengadaan Material ■ Penanganan Material ■ Pelaksana ■ Residual

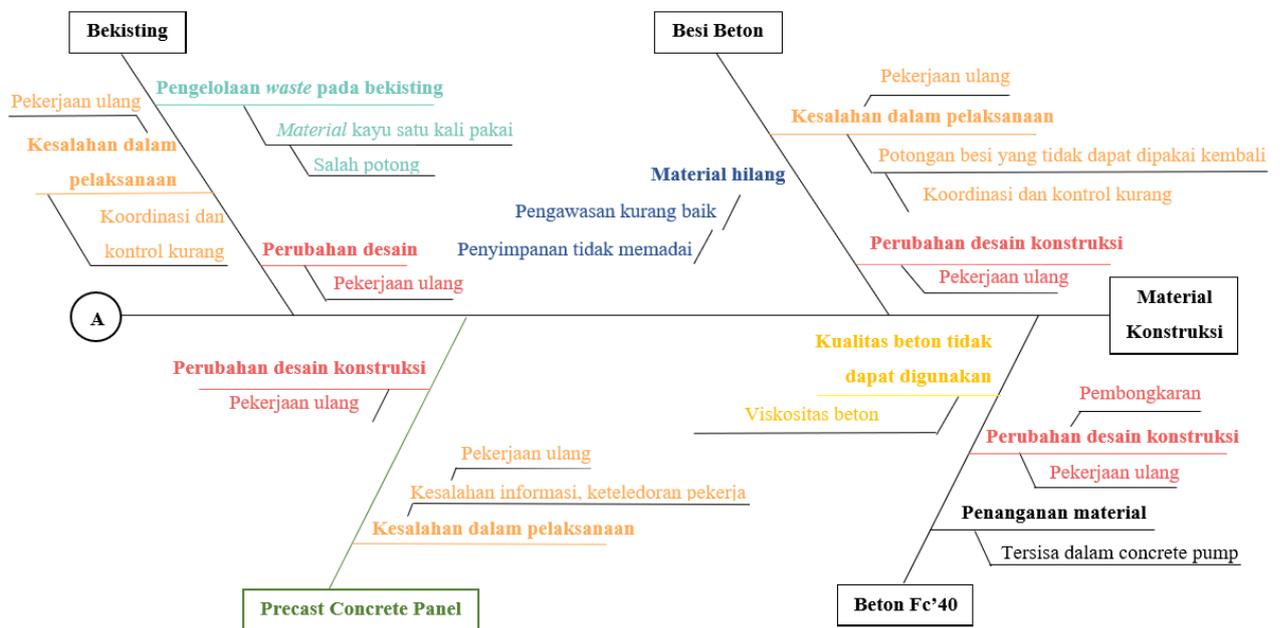


Gambar 2. Faktor Penyebab Waste dengan Apartemen X & Literatur

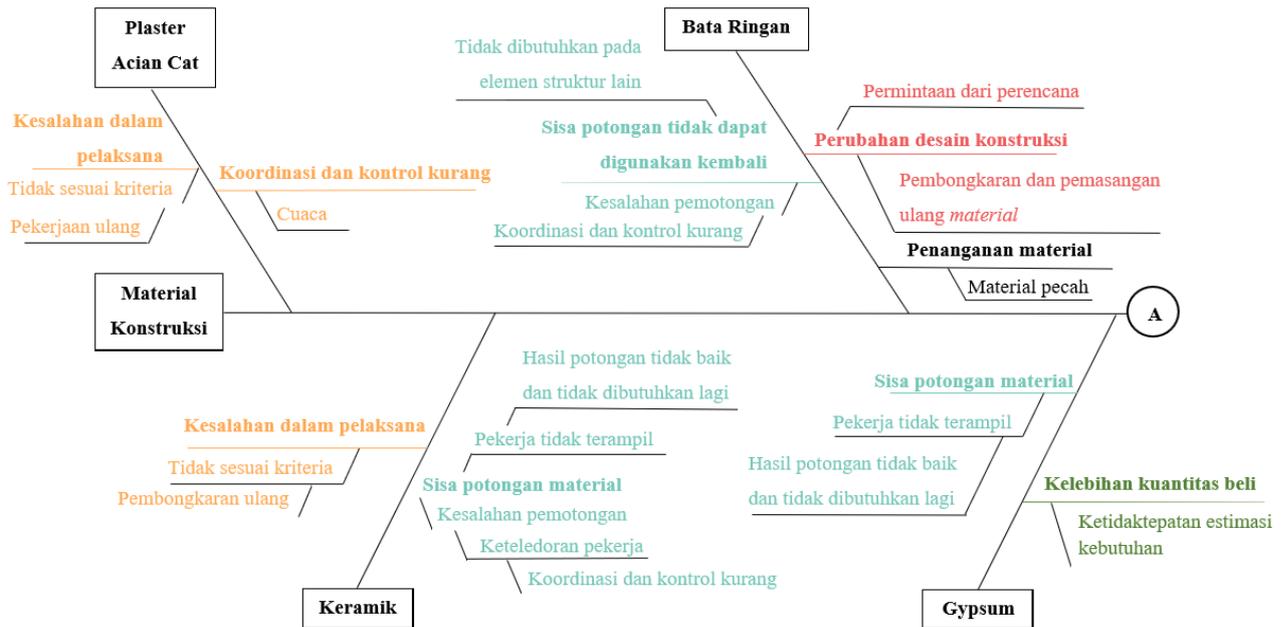
Pada Gambar 2, berdasarkan faktor penyebab *waste* pada proyek faktor penyebab tertinggi adalah desain. Hal ini didukung dengan hasil literatur yang menunjukkan bahwa desain juga merupakan faktor penyebab *waste* tertinggi pada suatu proyek. Sedangkan, faktor penyebab tertinggi kedua pada proyek adalah kesalahan yang terjadi akibat pelaksana proyek. Hal ini berbeda dengan hasil literatur yang menunjukkan bahwa kesalahan pada pengadaan *material* lebih sering terjadi. Faktor penyebab *waste* yang memiliki pengaruh kecil terhadap keberlangsungan proyek adalah kesalahan pada penanganan *material* karena pada proyek apartemen x terdapat divisi khusus dalam manajerial *material* yang sudah sampai pada *site*. Sehingga *material* terhindar dari resiko kerusakan. Berbeda dengan literatur, residual menjadi faktor penyebab terkecil terjadinya *waste*.

Menganalisis faktor penyebab waste

Hasil dari analisis perbandingan faktor penyebab *waste* pada Gambar 2 kemudian digambarkan dalam *fishbone diagram* untuk melihat persamaan faktor penyebab *waste* proyek apartemen x dengan literatur.



Gambar 3. Fishbone diagram



Gambar 3. *Fishbone* diagram lanjutan

Gambar 3, dapat dilihat persamaan faktor penyebab *waste* yang terjadi pada proyek apartemen x dengan literatur, faktor penyebab *waste* yang ditemukan pada *material* besi beton adalah karena dilakukan pekerjaan ulang dan potongan sisa *material* yang tidak dapat dimanfaatkan dengan baik. Hal ini terdapat kesalahan dalam pelaksanaan akibat pekerja kurang terampil serta kesalahan informasi. Sehingga, membuat kontrol terhadap kualitas *material* kurang baik, Faktor penyebab lain dari ditimbulkannya *waste* oleh *material* besi beton adalah akibat perubahan desain saat perancangan sudah berjalan. Sehingga, harus dilakukan pembongkaran atau perubahan pada *site*.

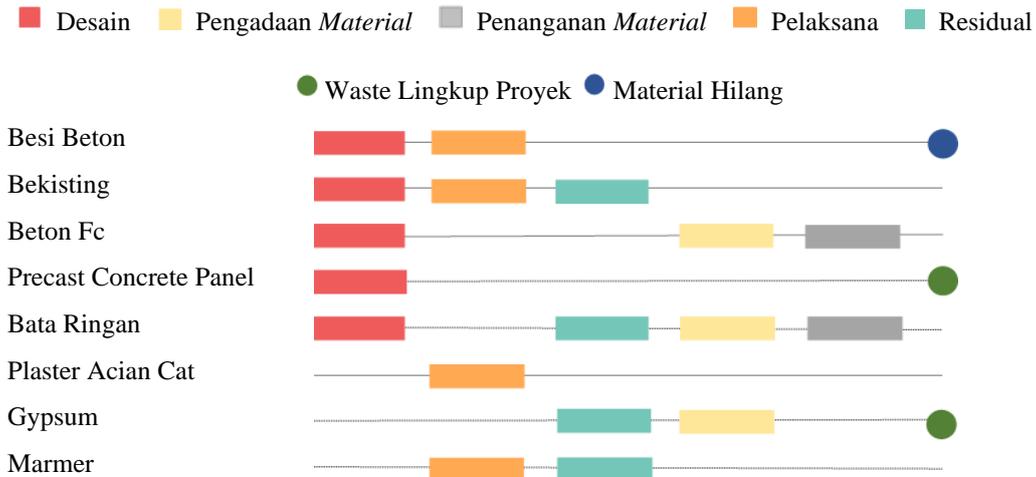
Waste material pada beton fc disebabkan karena adanya perubahan desain dan pekerjaan ulang konstruksi sehingga perlu dilakukan pembongkaran. Pada proyek, terdapat sisa beton yang tertinggal pada concrete pump dan kualitas beton yang rendah, sehingga tidak memenuhi syarat *test slump*. Hal ini dapat terjadi karena *viskositas* atau kekentalan beton tidak sesuai standar SOP yang berlaku pada proyek apartemen x.

Bata ringan salah satu penyumbang terjadinya *waste material* karena adanya sisa potongan pada bata ringan yang tidak dapat dipakai kembali serta *material* yang sudah pecah/terbelah sebelum *material* terpasang. Penyebabnya bisa terjadi dari hasil pembelahan batu bata tidak terpotong sempurna karena tenaga kerja yang kurang berpengalaman atau batu bata yang digunakan memiliki kualitas rendah dan membuat kondisi batu bata mudah pecah. Penyebab lain adanya ketidaktepatan desain yang direncanakan sehingga dilakukan pembongkaran dan pekerjaan ulang.

Pemborosan plaster, acian dan cat akibat adanya kesalahan dalam pelaksana. Hal ini terjadi karena tidak memenuhi kriteria atau standar SOP yang berlaku. Ketidaksesuaian kriteria ini terjadi karena pengawasan dan kondisi cuaca yang kurang mendukung.

Terjadinya *waste material* gypsum dan keramik adalah adanya *material* yang pecah atau rusak. Dapat terjadi karena *material* diterima sebelumnya sudah rusak diakibatkan oleh proses pengiriman dan juga potongan sisa *material* tidak dapat dipakai kembali. *Material* gypsum yang tidak sesuai dengan kriteria pemasangan juga dapat menimbulkan *waste*. Hal ini menyebabkan perlunya dilakukan pekerjaan ulang karena tenaga kerja kurang terampil dalam pemasangan *material*.

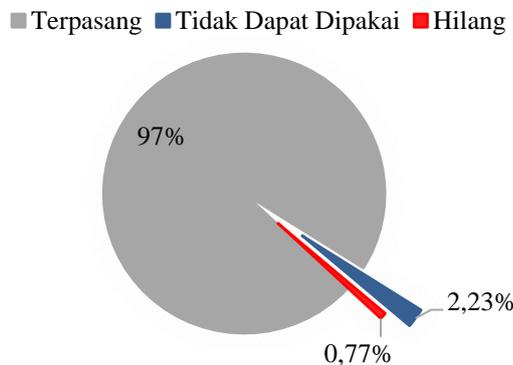
Hasil menganalisis faktor penyebab waste



Gambar 4. Hasil analisis faktor penyebab waste

Gambar 4, terdapat faktor penyebab waste yang terjadi pada jenis material berdasarkan sumber bahwa desain dan pelaksanaan memiliki pengaruh yang besar terhadap terjadinya waste. Pada proyek apartemen x ditemukan adanya material hilang pada besi beton dan terdapat material waste yang terdapat pada proyek apartemen x namun jarang terjadi pada proyek lain atau dapat diantisipasi faktor penyebabnya berdasarkan literatur, yaitu precast concrete panel, dan gypsum yang menyebabkan waste akibat perubahan desain, pengerjaan ulang dan kelebihan pembelian karena ketidaktepatan estimasi kebutuhan material.

Penggunaan Material Besi Beton



Gambar 5. Chart penggunaan material besi

Gambar 5, dapat dilihat penggunaan material besi yang menyebabkan waste sehingga terjadinya material hilang atau terjadi pencurian pada besi beton sebesar 0,77% atau sebanyak 32,04 ton akibat kurangnya pengawasan pada pelaksanaan dilapangan dan 93 ton atau sebesar 2,23% material tidak dapat dipakai, ini dapat terjadi karena sisa hasil potongannya terlalu pendek atau tidak baik membuat material tidak digunakan kembali.

Sedangkan bekisting dilihat pada Gambar 3, adanya pembaruan material penyangga yang hanya dapat dipakai beberapa kali saja dan pembuatan bekisting yang dilakukan tidak sesuai kriteria atau salah potong. Timbulnya waste juga diperbesar karena adanya perubahan desain disaat material telah terpasang yang menyebabkan pembongkaran dan pekerjaan ulang.

Sehingga, diagram diatas membuktikan bahwa faktor penyebab waste pada material yang nilainya masuk kedalam persentase kumulatif 80% yaitu jenis besi beton D22, besi beton D10, besi beton D13, besi beton D25 dan besi beton D16 memberikan kontribusi penyebab waste yang besar dengan total nilai kerugian sebesar Rp. 3.813.896.403,- dan satu jenis material bekisting menyebabkan waste cost proyek apartemen x terbesar sebesar Rp. 3.489.630.538,-. Dapat disimpulkan bahwa, pada proyek apartemen x di Jakarta terindikasi sebesar 3,30% dari total pembelian material berakhir menjadi waste yang tidak dapat dipakai kembali dengan nilai Rp. 14.559.828.675,-.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Ditemukan 18 jenis *material* penyebab *waste* dari 92 *material* yang digunakan pada proyek apartemen x. Besi beton D22 adalah jenis *material* yang menyebabkan *volume waste* terbesar. Sedangkan jenis *material* yang menyebabkan *waste cost* proyek apartemen x terbesar disebabkan oleh *material* bekisting sebesar Rp. 3.489.630.538,-. Total *waste* yang dihasilkan pada proyek apartemen x adalah sebesar 3,30% dengan nilai Rp. 14.559.828.675,-.
2. Terdapat 5 faktor penyebab *waste* pada apartemen x di Jakarta dengan urutan desain, pelaksana, residual, pengadaan *material*, penanganan *material* dan ditemukan penggunaan *material* besi menyebabkan *waste* sehingga terjadinya *material* hilang sebesar 0,77% atau 32,04 ton akibat kurangnya pengawasan pada pelaksanaan dilapangan dan 93 ton atau 2,23% *material* tidak dapat dipakai kembali karena hasil sisa potongan *material*.

Saran

Waste tidak dapat dihindari selama proyek konstruksi, tetapi hal-hal yang harus dihindari untuk mengurangi *waste material* sebaiknya hal-hal yang kemungkinan dapat terjadi hendaknya dihindari dengan strategi dan persiapan yang baik. Hasil dari penelitian menunjukkan adanya perubahan desain dan kesalahan dalam pelaksanaan pada proyek apartemen x di Jakarta menyebabkan terjadinya *waste material*. Perlu dilakukan penetapan *material* pada gambar kerja sebelum perincian *material* pada *bill of quantity* serta sistem pengawasan dan manajemen kontrol yang diperketat untuk menghindari terjadinya *material* hilang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, N. A., Harimurti & Negara, K. P., 2016. Analisis dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Metode Pareto dan Fishbone Diagram (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), pp. 649-657.
- Bekr, G. A., 2014. Study of the Cause and Magnitude of Wastage of Materials on Construction Sites in Jordan. *Journal Construction Engineering*, 2014(283298), pp. 1-6.
- Bossink, B. A. G. & Brouwers, H. J. H., 1996. Construction Waste: Quantification And Source Evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(1), pp. 55-60.
- Devia, Y. P., Unas, S. E. & Nariswari, W., 2010. Identifikasi Sisa Material Konstruksi Dalam Upaya Memenuhi Bangunan Berkelanjutan. *Rekayasa Sipil*, 4(3), pp. 195-203.
- Ervianto, W. I., Soemardi, B. W., Abduh, M. & Surjamanto, 2013. *Kajian Legislatif Penerapan Green Construction Dalam Proyek Bangunan Gedung Di Indonesia*. Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hastuti, S. P., Habsya, C. & Sucipto, T. L. A., 2015. Waste Management pada Proyek Pembangunan Gedung Sebagai Bagian Dari Upaya Perwujudan Green Construction (Studi Kasus: Pembangunan Gedung di Universitas Sebelas Maret Surakarta). *Jurnal FKIP UNS*, pp. 1-10.
- Intan, S., Alifen, R. S. & Ariyanto, L. S., 2005. Analisa dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Sumber Penyebab Kuantitas dan Biaya. *Civil Engineering Dimension*, 7(1), pp. 36-45.
- Kristianto, M. A., Ajie, E. P., Hermawan & Setiyadi, B., 2019. Analisis Waste Material Konstruksi pada Pekerjaan Struktur Atas Beton Bertulang Bangunan Tingkat Tinggi. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(3), pp. 143-149.
- Luangcharoenrat, C., Intrachooto, S. & Peansupap, V., 2019. Factors influencing construction waste generation in building construction. *Sustainability (Switzerland)*, 11(13), p. 3638.
- Natasya & Wiyanto, H., 2022. Penilaian Tingkat Kondisi Kerusakan elemen Non Struktural Gedung Existing Berdasarkan Pemeriksaan Visual. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(3), pp. 705-710.
- Pertiwi, I. M., Herlambang, F. S. & Kristinayanti, W. S., 2019. Analisis Waste Material Konstruksi pada Proyek Gedung (Studi Kasus Pada Proyek Gedung Di Kabupaten Badung). *Jurnal Simetrik*, 9(1), pp. 185-190.
- Purba, D. H., Hartono, W. & Sugiyarto, S., 2015. Analisis dan Pengelolaan Sisa Material Konstruksi dan Faktor Penyebab pada 3 Proyek Kelurahan Ditinjau Bagian Pondasi Menggunakan Root Cause Analysis (RCA). *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 3(1), pp. 292-299.
- Tafesse, S. & Adugna, T., 2021. Critical Factors Causing Material Wastes in Building Construction Projects. *Journal of Engineering Science*, 17(2), pp. 1-17.
- Waty, M. et al., 2018. Modeling of Waste Material Cost on Road Construction Project. *Internasional Journal of Engineering & Technology*, 7(2), pp. 474-477.
- Yogi Nugraha Wiryonoto, G. A. M. A. W. & Suharyantp, 2017. Evaluasi Construction Waste Dalam Pekerjaan Kolom Pada Proyek Konstruksi Gedung. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), pp. 256-264.