

Evaluasi Waste Material Pada Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Pareto Dan *Fishbone Diagram* (Studi Kasus: Rusun Ponpes Al-Muslimun Bengkulu Tengah)

Diyana Permana Putra^{1*}, Edito Dwiantoro¹, Elsa Rati Hariza¹

¹Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH

e-mail: permanadiyanputra@gmail.com , editodwiantoro@gmail.com , elsaratihariza@gmail.com

ABSTRAK

Material dalam proyek konstruksi merupakan salah satu sumber daya pokok, dimana material berfungsi sebagai penyusun utama struktur bangunan. Penggunaan material konstruksi harus direncanakan dan diawasi dengan baik, agar pemborosan material pada pembangunan proyek tidak terjadi sehingga dapat meminimalkan limbah material (*Material Waste*). Tingginya nilai *Waste* pada material akan berdampak negatif pada proyek konstruksi, terutama pada sektor keuangan. Dimana sebagian besar dana proyek konstruksi dianggarkan untuk pengadaan material. Oleh karena itu, jika terjadi *Waste* material dengan nilai yang tinggi maka dapat menyebabkan pembengkakan biaya yang tidak sesuai dengan rencana awal. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan dua metode, yaitu metode Pareto dan *Fishbone Diagram*. Dimana metode Pareto memiliki fungsi untuk mengetahui jenis material yang berpotensi menghasilkan *Waste* dengan kerugian besar, sedangkan *Fishbone Diagram* digunakan untuk mengetahui faktor penyebab *Waste* pada material. Hasil dari penelitian berdasarkan analisis Pareto diketahui bahwa material yang berpotensi menghasilkan *Waste* dengan kerugian besar diantaranya adalah: besi beton D16, beton F'c 24 MPa, besi beton D10, bekisting, dan bata ringan. Adapun faktor penyebab *Waste* dari *Waste* material diatas adalah: kesalahan dalam pelaksanaan, perubahan desain, kesalahan dalam penanganan material, kesalahan dalam proses pengiriman material, dan material hilang.

Kata Kunci : *Waste material, faktor penyebab Waste material*

ABSTRACT

Materials in construction projects are one of the basic resources, where materials function as the main constituent of the building structure. The use of construction materials must be planned and supervised well, so that material Waste during project construction does not occur, thereby minimizing material Waste. The high value of Waste in materials will have a negative impact on construction projects, especially in the financial sector. Where most of the construction project funds are budgeted for material procurement, therefore if material Waste occurs with a high value it can cause cost overruns that are not in accordance with the initial plan. This research was carried out by combining two methods, namely the Pareto method and Fishbone Diagram. Where the Pareto method has a function to determine the type of material that has the potential to produce Waste with large losses, while the Fishbone Diagram is used to determine the factors that cause Waste in materials. The results of research based on Pareto analysis show that materials that have the potential to produce Waste with large losses include: D16 concrete, F'C 24 MPa concrete, D10 concrete, formwork and lightweight bricks. The factors that cause Waste from the Waste material above are: errors in implementation, design changes, errors in material handling, errors in the material delivery process, and lost materials.

Keywords: *Waste material, factors causing material Waste*

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan untuk mencapai sebuah tujuan dan membuahkan hasil dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia (Gultom & Sutandi, 2023), Material dalam proyek konstruksi merupakan salah satu sumber daya pokok, dimana material

berfungsi sebagai penyusun utama struktur bangunan. Menurut (Ritz & George, 1994) material memiliki presentase biaya sebesar 40-60% dari total nilai kontrak suatu proyek konstruksi, sehingga material merupakan komponen penting dalam menentukan besarnya biaya suatu proyek konstruksi. Penggunaan material konstruksi harus direncanakan dan diawasi dengan baik, agar pemborosan material pada pembangunan proyek tidak terjadi sehingga dapat meminimalkan limbah material (*Material Waste*). *Waste* material merupakan material sampah sisa pembangunan yang tidak dapat digunakan kembali pada proyek konstruksi, serta pemborosan material akibat dari kurangnya pengawasan (Tafesse et al., 2022). Sisa dalam konstruksi dapat diartikan sebagai kehilangan sumber daya material, waktu (tenaga kerja dan peralatan) dan modal, yang disebabkan oleh kegiatan yang memerlukan biaya, baik secara langsung maupun tidak langsung, namun tidak memberikan nilai tambah pada akhirnya (Waty et al., 2018).

Konstruksi yang efisien adalah konstruksi yang dapat mengolah sumber daya material secara optimal. Semakin tinggi nilai *Waste* material pada proyek konstruksi, maka semakin tidak efisien penggunaan material pada proyek tersebut. Tingginya nilai *Waste* material akan berdampak negatif pada proyek konstruksi, terutama pada sektor keuangan. Dimana sebagian besar dana proyek konstruksi dianggarkan untuk pengadaan material, sehingga jika terjadi *Waste* material dengan nilai yang tinggi maka dapat menyebabkan pembengkakan biaya yang tidak sesuai dengan rencana awal. Pembengkakan biaya ini akan mengakibatkan kerugian kepada perusahaan penyedia jasa konstruksi (kontraktor). Untuk menghindari kerugian tersebut, diperlukan studi evaluasi *Waste* terhadap material pada proyek konstruksi.

Berdasarkan penjelasan diatas penulis ingin melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi *Waste* Material Pada Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Pareto dan *Fishbone Diagram* (Studi Kasus: Rusun Ponpes Al-Muslimun Bengkulu Tengah)”. Penelitian ini merupakan salah satu upaya dalam meminimalkan *Waste* dan salah satu langkah dalam usaha pengoptimalan penggunaan sumber daya material. Pada penelitian ini perlu dilakukan analisis terhadap *Waste* material dan faktor penyebabnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan dua metode, yaitu metode Pareto dan *Fishbone Diagram*. Metode Pareto pada prinsipnya yaitu Pareto’s Law 20-80 dapat diartikan besar akibat 80% dari total penyebab 20% (Aulia, 2016). Metode ini dapat digunakan untuk menganalisis material yang dominan menimbulkan *Waste* dengan kerugian besar. Sedangkan *Fishbone Diagram* merupakan sarana analisis yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengorganisir sebab-sebab yang mungkin muncul dari efek-efek khusus. Kemudian memisahkan akar penyebabnya dan menyebutkan beberapa permasalahan yang muncul (Widyahening, 2018). Sehingga metode ini digunakan dalam menganalisis faktor penyebab *Waste* pada proyek konstruksi.

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan dua metode, yaitu metode Pareto dan *Fishbone Diagram*. Metode Pareto merupakan sebuah teknik statistik yang dapat digunakan untuk mengambil sebuah keputusan yang didasari oleh frekuensi kejadian dibandingkan dengan penyebab kejadian (Talib et al., 2011). Pada prinsipnya metode Pareto, yaitu Pareto’s Law 20-80 dapat diartikan 80% kejadian atau akibat dari suatu permasalahan berasal dari dari total penyebab 20%. Sehingga sesuai dengan prinsipnya Pareto’s Law 20-80, metode Pareto dapat digunakan untuk menganalisis material yang dominan menimbulkan *Waste* dengan kerugian besar pada proyek konstruksi. Sedangkan *Fishbone Diagram* merupakan sarana analisis yang memberikan cara sistematis untuk meninjau resiko dan pemicunya (sebab-akibat) sehingga *Fishbone Diagram* digunakan untuk menganalisis faktor penyebab terjadinya *Waste* pada material (Llie & Ciocoiu, 2010). *Fishbone Diagram* berfokus pada keterikatan hubungan sebab-akibat, metode ini berfungsi untuk proses

identifikasi serta visualisasi, yang mana dari diagram *Fishbone* dapat tergambar jelas mengenai semua penyebab-penyebab yang mungkin masih berhubungan dengan permasalahan.

Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini terdapat dua jenis data yang digunakan, diantaranya adalah data primer dan data sekunder. Data primer berupa observasi lapangan yang dilakukan dengan dokumentasi dan wawancara oleh pelaksana dan pengawas lapangan untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya *Waste* material. Sedangkan data sekunder terdiri dari laporan harian proyek untuk mengetahui volume material *onsite*, *As Built Drawing* guna mengetahui volume material yang terpasang, rencana anggaran biaya (RAB) untuk mendapatkan data harga satuan material.

Metode Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini dibagi menjadi 5 tahap, diantaranya tahap pertama menentukan volume dan biaya material *onsite*, volume material *onsite* didapat dari laporan harian proyek kemudian dikalikan dengan harga satuan material yang diperoleh dari RAB untuk mengetahui besaran biaya dari masing-masing material *onsite*. Tahap kedua analisis Pareto, analisis Pareto dilakukan terhadap biaya dari volume material *onsite*, analisis Pareto ditujukan untuk mengetahui material yang berpotensi menghasilkan *Waste* dengan kerugian besar. Tahap ke tiga menghitung volume material terpasang, volume material terpasang dihitung berdasarkan data gambar *As-Built Drawing*, kemudian untuk mengetahui biaya material terpasang dapat dilakukan dengan mengkalikan volume material terpasang dengan harga satuan material yang diperoleh dari RAB. Tahap ke empat perhitungan volume dan biaya *Waste* material, Perhitungan volume *Waste* dilakukan guna mengetahui besaran *Waste* dari masing-masing material yang sudah di tentukan berdasarkan analisis Pareto. Perhitungan volume *Waste* dapat dilakukan berdasarkan rumus berikut (Poon et al., 2001) :

$$VW = Vm_o - Vm_t$$

Dengan :

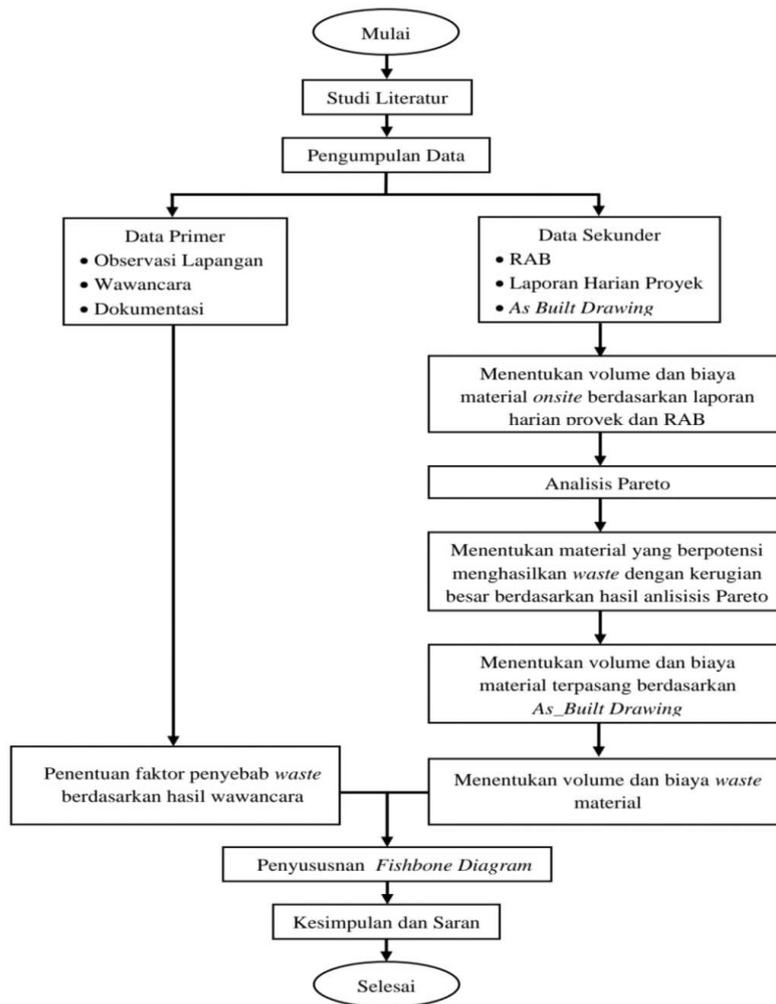
$$Vm_o = \text{Volume material onsite}$$

$$Vm_t = \text{Volume material terpasang}$$

Setelah didapat volume *Waste* dengan rumus perhitungan diatas, maka selanjutnya dapat menentukan biaya dari *Waste* material. Biaya *Waste* material dapat dihitung dengan mengalikan volume *Waste* dengan harga satuan material. Tahap ke lima melakukan analisis faktor penyebab *Waste*, Analisa faktor penyebab *Waste* material dilakukan menggunakan *Fishbone Diagram*.

Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1 : Bagan Alir Penelitian
HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Volume dan Biaya Material *Onsite*

Menentukan volume material *onsite* dilakukan berdasarkan data laporan harian proyek. Kemudian untuk mengetahui biaya dari material *onsite*, maka dapat diketahui dengan mengalikan volume material *onsite* dengan harga satuan material yang didapat dari Rancangan Anggaran Biaya (RAB). Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 : Volume dan Biaya Material *Onsite*

No	Jenis Material	Sa t.	Volume Material <i>Onsite</i>	Harga Sat.	Jumlah (Rp)	Jumlah Komulatif (Rp)
1	Besi Beton Ø 8	K g	170.64	17,261.48	2,945,498.95	2,945,498.95
2	Besi Beton D 10	K g	21,204.00	17,261.48	366,012,421.9 2	368,957,920.8 7
3	Besi Beton D 13	K g	923.52	17,261.48	15,941,322.01	384,899,242.8 8
4	Besi Beton D 16	K g	26,544.00	17,261.48	458,188,725.1 2	843,087,968.0 0

5	Besi Beton D 19	Kg	2,863.32	17,261.48	49,425,140.91	892,513,108.91
6	Bekisting	m ²	1,454.40	237,657.70	345,649,358.88	1,238,162,467.79
7	Beton F'c 24 MPa	m ³	266.00	1,685,124.52	448,243,122.32	1,686,405,590.11
8	Beton F'c 31,2 Mpa	m ³	76.50	1,853,885.00	141,822,202.50	1,828,227,792.61
9	Bata Merah	m ²	214.85	132,000.00	28,360,200.00	1,856,587,992.61
10	Bata Ringan	m ²	942.00	219,800.00	207,051,600.00	2,063,639,592.61
11	Granit Tile Polish 60x60	m ²	640.80	241,200.00	154,560,960.00	2,218,200,552.61
12	Granit Tile Unpolish 60x60	m ²	128.32	275,900.00	35,403,488.00	2,253,604,040.61
13	Granit Tactile Tile 30x60	m ¹	5.22	525,600.00	2,743,632.00	2,256,347,672.61
14	Granit Stepnosing Tangga 30x60	m ¹	67.20	170,200.00	11,437,440.00	2,267,785,112.61
15	Granit Tile Polish Dinding KM 60x60	m ²	208.05	241,200.00	50,181,660.00	2,317,966,772.61
16	Granit Tile Unpolish Lantai KM 60x60	m ²	122.94	275,900.00	33,919,146.00	2,351,885,918.61

Analisis Pareto

Analisis Pareto dilakukan terhadap biaya dari volume material *onsite* yang telah didapat pada perhitungan sebelumnya. Analisis Pareto dimulai dengan mengurutkan biaya material *onsite* dari harga tertinggi ke harga terendah. Selanjutnya menghitung % total masing-masing material dari total harga volume material *onsite* dibagi dengan total harga seluruh material *onsite*, dikali 100%. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung total persentase kumulatif dari % harga volume material *onsite*. Untuk hasil perhitungan selengkapnya, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2: Analisis Pareto

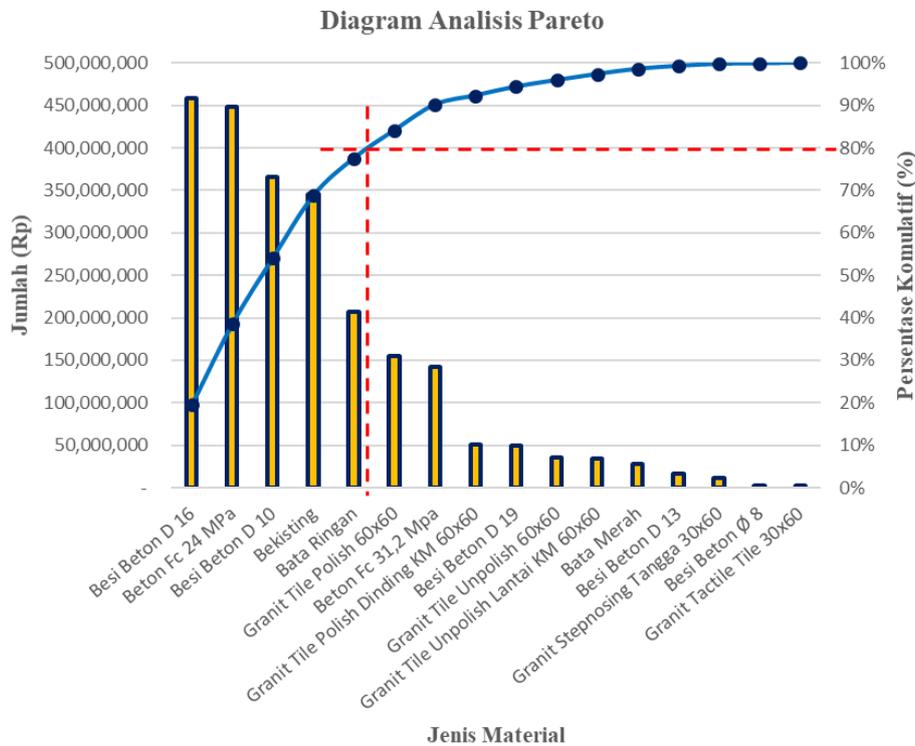
No	Jenis Material	Sat.	Volume Material <i>Onsite</i>	Harga Sat.	Jumlah (Rp)	Jumlah Kumulatif (Rp)	Total (%)	Presentase Kumulatif (%)
1	Besi Beton D 16	Kg	26,544.00	17,261.48	458,188,725.12	458,188,725.12	19.48%	19.48%
2	Beton F'c 24 MPa	m ³	266.00	1,685,124.52	448,243,122.32	906,431,847.44	19.06%	38.54%
3	Besi Beton D 10	Kg	21,204.00	17,261.48	366,012,421.92	1,272,444,269.36	15.56%	54.10%
4	Bekisting	m ²	1,454.40	237,657.70	345,649,358.88	1,618,093,628.24	14.70%	68.80%
5	Bata Ringan	m ²	942.00	219,800.00	207,051,600.00	1,825,145,228.24	8.80%	77.60%

Lanjutan tabel 2

6	Granit Tile Polish 60x60	m ²	640.80	241,200.00	154,560,960.00	1,979,706,188.24	6.57%	84.18%
7	Beton F'c 31,2 Mpa	m ³	76.50	1,853,885.00	141,822,202.50	2,121,528,390.74	6.03%	90.21%
8	Granit Tile	m ²	208.05	241,200.00	50,181,660.00	2,171,710,050.74	2.13%	92.34%

	Polish Dinding KM 60x60							
9	Besi Beton D 19	Kg	2,863.32	17,261.48	49,425,140.91	2,221,135,191.65	2.10%	94.44%
10	Granit Tile Unpolish 60x60	m ²	128.32	275,900.00	35,403,488.00	2,256,538,679.65	1.51%	95.95%
11	Granit Tile Unpolish Lantai KM 60x60	m ²	122.94	275,900.00	33,919,146.00	2,290,457,825.65	1.44%	97.39%
12	Bata Merah	m ²	214.85	132,000.00	28,360,200.00	2,318,818,025.65	1.21%	98.59%
13	Besi Beton D 13	Kg	923.52	17,261.48	15,941,322.01	2,334,759,347.66	0.68%	99.27%
14	Granit Stepnosng Tangga 30x60	m ¹	67.20	170,200.00	11,437,440.00	2,346,196,787.66	0.49%	99.76%
15	Besi Beton D 8	Kg	170.64	17,261.48	2,945,498.95	2,349,142,286.61	0.13%	99.88%
16	Granit Tactile Tile 30x60	m ¹	5.22	525,600.00	2,743,632.00	2,351,885,918.61	0.12%	100.00%

Dari tabel 2 dapat diketahui hasil perhitungan Pareto law, bahwa dari total 16 jenis material, terdapat 5 jenis material material yang berpotensi menghasilkan Waste dengan kerugian besar diantaranya besi beton D 16, beton F'c 24 Mpa, besi beton D 10, bekisting dan bata ringan. Ke lima jenis material tersebut merupakan 20% penyebab utama yang mengakibatkan dampak sebesar 80%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2 : Diagram Analisis Pareto

Dari gambar 2 diagram analisis Pareto diatas, dapat diketahui bahwa axis bawah menunjukkan jenis material yang digunakan, axis kanan menunjukkan persentase komulatif (%) dan axis kiri menunjukkan jumlah dari setiap material (Rp). Selanjutnya, grafik dapat ditarik lurus dari axis kanan yang menunjukkan nilai 80% hingga berpotongan dengan diagram garis, kemudian ditarik garis ke axis bawah yang menunjukkan tipe material, sehingga dapat diketahui terdapat 5 jenis material yang berpotensi menghasilkan *Waste* dengan kerugian besar.

Menghitung Volume dan Biaya Material Terpasang

Menentukan volume dan biaya material terpasang dilakukan guna mengetahui besaran volume material dan biaya material yang terpasang di lapangan dari material yang telah di tentukan berdasarkan hasil analisis Pareto. Sehingga perhitungan volume material terpasang ini dilakukan berdasarkan data gambar *As- Built Drawing*. Untuk hasil perhitungan selengkapnya, dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3: Volume dan Biaya Material Terpasang

No	Jenis Material	Sat	Volume Material Terpasang	Harga Sat.	Jumlah (Rp)	Jumlah Komulatif (Rp)
1	Besi Beton D 16	Kg	25,678.50	17,261.48	443,248,914.18	443,248,914.18
2	Beton F'c 24 MPa	m ³	259.37	1,685,124.52	437,064,393.83	880,313,308.01
3	Besi Beton D 10	Kg	20,410.82	17,261.48	352,320,943.95	1,232,634,251.97
4	Bekisting	m ²	1,402.40	237,657.70	333,292,227.94	1,565,926,479.90
5	Bata Ringan	m ²	907.09	219,800.00	199,378,382.00	1,765,304,861.90

Menentukan Volume *Waste* Material

Perhitungan volume *Waste* dilakukan guna mengetahui besaran *Waste* dari masing-masing material yang sudah di tentukan berdasarkan analisis Pareto. Perhitungan volume *Waste* dapat dilakukan berdasarkan rumus berikut :

$$VW = Vm_o - Vm_{ta}$$

Dengan :

Vm_o = Volume material onsite

Vm_{ta} = Volume material terpasang

Setelah didapat volume *Waste* dengan rumus perhitungan diatas, maka selanjutnya dapat menentukan biaya dari *Waste* material. Biaya *Waste* material dapat dihitung dengan mengalikan volume *Waste* dengan harga satuan material. Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4: Perhitungan Volume dan Biaya *Waste* Material

No	Jenis Material	Sat	Volume Material Onsite	Volume Material Terpasang	Volume <i>Waste</i> Material	Harga Sat.	Biaya <i>Waste</i> Material (Rp)	Jumlah Komulatif (Rp)
1	Besi Beton D 16	Kg	26,544.00	25,678.50	865.50	17,261.48	14,939,810.94	14,939,810.94
2	Beton F'c 24 MPa	m ³	266.00	259.37	6.63	1,685,124.52	11,178,728.49	26,118,539.43
3	Besi Beton D 10	Kg	21,204.00	20,410.82	793.18	17,261.48	13,691,477.97	39,810,017.39

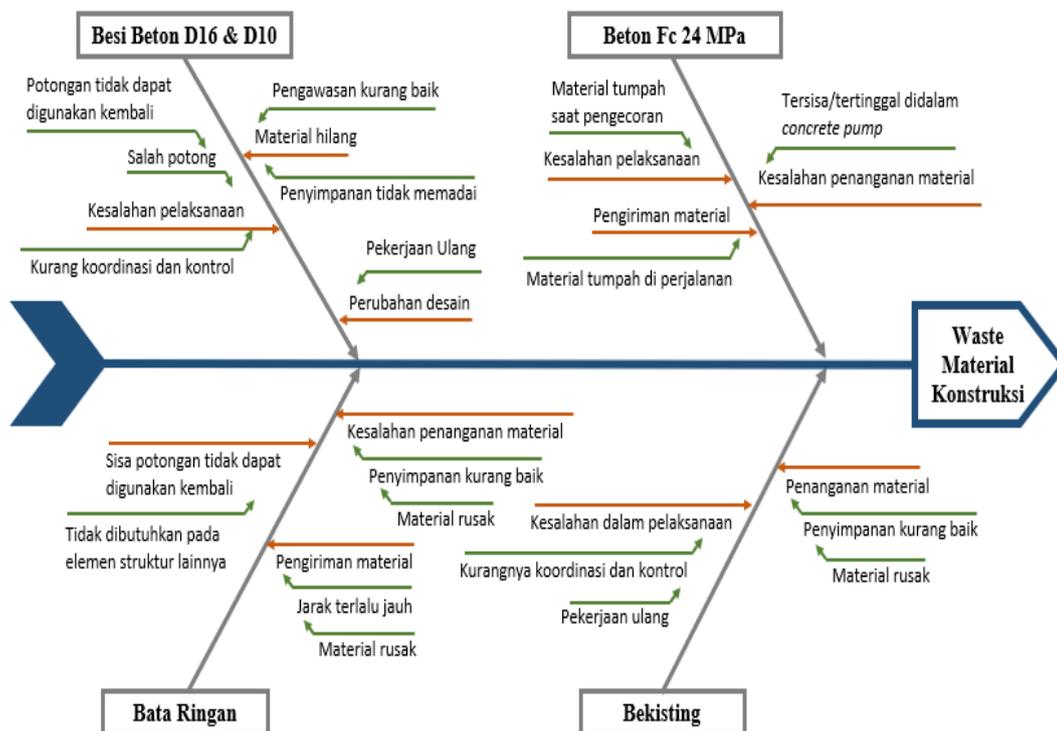
4	Bekisting	m ²	1,454.40	1,402.40	52.00	237,657.70	12,357,130.94	52,167,148.34
5	Bata Ringan	m ²	942.00	907.09	34.91	219,800.00	7,673,218.00	59,840,366.34

Identifikasi Faktor Penyebab Waste Material

Identifikasi faktor penyebab Waste material dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya Waste dari masing-masing material yang telah ditentukan berdasarkan hasil analisis Pareto. Identifikasi faktor penyebab Waste dilakukan dengan proses wawancara kepada pihak pelaksana dan pengawas lapangan, yang mana pihak tersebut merupakan pihak yang mengerti dan mengetahui secara langsung pelaksanaan konstruksi terkait dengan penggunaan material dilapangan.

Proses wawancara dimulai dengan menemukan faktor penyebab dari masing-masing penyebab yang telah diketahui berdasarkan analisis Pareto. Kemudian dilanjutkan mencari akar penyebab dari faktor-faktor penyebab tersebut. Untuk mengetahui akar penyebab dari masing-masing faktor penyebab dilakukan menggunakan teknik *brainstorming*.

Teknik *brainstorming* adalah teknik diskusi atau/tukar pikiran. Pada proses ini akan diketahui penyebab Waste material yang lebih detail dari peristiwa yang menjadi penyebab sisa material, sehingga dapat diketahui secara lebih dalam penyebab sisa materialnya. Hasil dari *brainstorming* adalah jawaban akhir dari faktor penyebab permasalahan, yang kemudian digambarkan/dijabarkan dalam bentuk *Fishbone Diagram*. Untuk hasil wawancara menggunakan *Fishbone Diagram* dapat dilihat pada gambar 3 berikut :



Gambar 3 : Fishbone Diagram

Dari gambar 3 diatas dapat diketahui faktor penyebab terjadinya Waste material, dimana garis berwarna hijau menunjukkan akar penyebab, garis warna coklat menunjukkan faktor penyebab, garis warna abu-abu menunjukkan penyebab dan garis berwarna biru menunjukkan akibat.

HASIL PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai *Waste* material pada proyek rusun ponpes Al-Muslimun bengkulu tengah menggunakan metode Pareto, dapat diketahui bahwa material yang berpotensi menghasilkan *Waste* dengan kerugian besar diantaranya adalah: material besi beton D 16 dengan total kerugian Rp. 14,939,810.94, Material beton F'c24 Mpa dengan total kerugian Rp. 11,178,728.49, material besi beton D 10 dengan total kerugian Rp. 13,691,477.97, material bekisting dengan total kerugian Rp. 12,357,130.94, dan material bata ringan dengan total kerugian Rp. 7,673,218.00. Hasil identifikasi menggunakan *Fishbone Diagram* mengenai faktor penyebab *Waste* material, maka diketahuilah faktor penyebab terjadinya *Waste* material, diantaranya adalah *Waste* material pada besi beton D 16 & D 10 disebabkan oleh: kesalahan dalam pelaksanaan (salah potong, sisa potongan tidak dapat digunakan Kembali, kurang koordinasi dan kontrol), material hilang (kurangnya pengawasan, tempat penyimpanan yang tidak memadai), perubahan desain (pekerjaan ulang). *Waste* material pada beton F'c 24 MPa disebabkan oleh: pengiriman material (material tumpah dalam perjalanan), Kesalahan penanganan material (tertinggal/tersisa didalam *concrete pump*), kesalahan pelaksanaan (material tumpah saat proses pengecoran). *Waste* material pada bekisting disebabkan oleh: kesalahan dalam pelaksanaan (kurangnya koordinasi dan kontrol, pekerjaan ulang), kesalahan penanganan material (penyimpanan kurang baik, material rusak). *Waste* material pada bata ringan disebabkan oleh: sisa potongan yang terlalu pendek (tidak dibutuhkan pada elemen struktur lain), proses pengiriman material (jarak terlalu jauh, material rusak), kesalahan penanganan material (penyimpanan kurang baik, material rusak).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis Pareto maka diketahui bahwa material yang berpotensi menghasilkan *Waste* dengan kerugian besar diantaranya adalah besi beton D 16, beton F'c 24 Mpa, besi beton D 10, bekisting dan bata ringan. Hasil dari identifikasi menggunakan *Fishbone Diagram*, maka diketahuilah faktor penyebab terjadinya *Waste* material, diantaranya adalah *Waste* material pada besi beton D 16 & D 10 disebabkan oleh: kesalahan dalam pelaksanaan (salah potong, sisa potongan tidak dapat digunakan Kembali, kurang koordinasi dan kontrol), material hilang (kurangnya pengawasan, tempat penyimpanan yang tidak memadai), perubahan desain (pekerjaan ulang). *Waste* material pada beton F'c 24 MPa disebabkan oleh: pengiriman material (material tumpah dalam perjalanan), Kesalahan penanganan material (tertinggal/tersisa didalam *concrete pump*), kesalahan pelaksanaan (material tumpah saat proses pengecoran). *Waste* material pada bekisting disebabkan oleh: kesalahan dalam pelaksanaan (kurangnya koordinasi dan kontrol, pekerjaan ulang), kesalahan penanganan material (penyimpanan kurang baik, material rusak). *Waste* material pada bata ringan disebabkan oleh: sisa potongan yang terlalu pendek (tidak dibutuhkan pada elemen struktur lain), proses pengiriman material (jarak terlalu jauh, material rusak), kesalahan penanganan material (penyimpanan kurang baik, material rusak).

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, N. A. (2016). Analisis Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Metode Fishbone Diagram (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang). *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*.
- Gultom, A. J., & Sutandi, A. (2023). Peringkat Dan Faktor Penyebab *Waste* Material Pada Proyek X Di Serpong. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(2), 223–236. <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i2.22226>
- Llie, G., & Ciocoiu, C. N. (2010). *Application Of Fishbone Diagram To Determine The Risk Of An Event With Multiple Causes*. Management Research and Practice
- Poon, C., Ann, T., & Ng, L. (2001). *On-site sorting of construction and demolition Waste in Hong Kong*. Resource Conservation and Recycling, 32, pp 157-172
- Ritz, & George. (1994). *Total construction Project management*. McGraw-Hill Book Company

- Tafesse, S., Girma, Y. E., & Dessalegn, E. (2022). Analysis of the socio-economic and environmental impacts of construction *Waste* and management practices. *Heliyon*, 8(3), e09169. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09169>
- Talib, F., Rahman, Z., & Qureshi, M. N. (2011). Pareto Analysis Of Total Quality Management Factors Critical To Success For Service Industries. *Center for Quality*. <http://xa.yimg.com/kq/groups/24709041/70588264/name/vfd.pdf>
- Waty, M., Alisjahbana, S. W., Gondokusumo, O., Sulistio, H., Hasyim, C., Setiawan, M. I., Harmanto, D., & Ahmar, A. S. (2018). Modeling of *Waste* material costs on road construction projects. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(2). <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.11250>
- Widyahening, C. E. (2018). The Use of Fishbone Diagram Learning Technique in Learning Reading Skill. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 2(1), 11–19.