



IDENTIFIKASI SISA MATERIAL KONSTRUKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN PELABUHAN

(STUDI KASUS: PENGEMBANGAN PELABUHAN TENGGAYU 1 TAHAP 5 KOTA TARAKAN)

Muhamad Yusrizal*¹, Budi Setiawan²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan
Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan, Kalimantan Utara
e-mail: muhammadyusrizal35@gmail.com, bsetiawan.hm@gmail.com

ABSTRACT: *Construction project activity is a long process, in its implementation many problems and obstacles are encountered. One of them is the problem of residual material which is a serious problem in the implementation of construction projects. Efforts to minimize waste of construction materials will help increase profits and reduce environmental impact. Based on these problems, it is necessary to conduct research on materials that have the potential to become residual materials. Data collection was obtained from the company administration to support the calculation. Data processing begins with classifying material types, identifying potentially waste material with pareto analysis, calculating waste volume, calculating waste level, ranking potentially waste material based on waste level, calculating waste cost, ranking potentially waste material based on waste cost, structured interviews with respondents . From the results of material analysis, the remaining construction materials for the Port Development Project (Case Study: Development of Tenggayu Port 1 Phase 5, Tarakan City), are 5 mm dark blue glass, galvanized 5", 60x60 cm granite, ACP cover, 0.6 mm solar flat roof, aluminum sills 4", 10 mm plate, steel Ø 4 " (114.3 mm) t = 4.5 mm, iron pipe 10 " (267.44 mm) t = 6.6 mm, iron D16, iron D12. The material that has the highest volume and cost is 5 mm dark blue glass with a total waste cost of Rp. 101,399,197.87.*

Keywords: *Identification, Construction, Material*

ABSTRAK: Kegiatan proyek konstruksi merupakan suatu proses yang panjang, dalam pelaksanaannya banyak dijumpai masalah dan kendala. Salah satunya permasalahan sisa material yang merupakan salah satu masalah serius pada pelaksanaan proyek konstruksi. Usaha meminimalkan sisa material konstruksi akan membantu meningkatkan keuntungan dan mengurangi dampak lingkungan. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian terhadap material yang berpotensi menjadi sisa material. Pengumpulan data diperoleh dari pihak administrasi perusahaan untuk menunjang perhitungan. Pengolahan data diawali dengan menglompokkan jenis material, mengidentifikasi material yang berpotensi waste dengan analisa pareto, menghitung volume waste, menghitung waste level, meranking material yang berpotensi waste berdasarkan waste level, menghitung waste cost, meranking material berpotensi waste berdasarkan waste cost, wawancara terstruktur terhadap responden. Dari hasil analisa material yang menjadi sisa material konstruksi pada Proyek Pembangunan Pelabuhan (Studi Kasus: Pengembangan Pelabuhan Tenggayu 1 Tahap 5 Kota Tarakan), adalah kaca dark blue 5 mm, galvanize 5", granito 60x60 cm, cover ACP, atap solarflat 0.6 mm, kusen aluminium 4", plat 10 mm, besi Ø 4 " (114.3 mm) t = 4.5 mm, besi pipa 10 " (267.44 mm) t = 6.6 mm, besi D16, besi D12. Dengan material yang memiliki volume dan biaya tertinggi adalah kaca dark blue 5 mm dengan total waste cost sebesar Rp. 101.399.197,87.

Kata kunci: *Identifikasi, Konstruksi, Material*

1. PENDAHULUAN

Sisa material (waste) merupakan salah satu masalah pada pelaksanaan proyek konstruksi, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan yang teliti dan tepat dalam menentukan jumlah kebutuhan material yang akan digunakan dalam proyek konstruksi serta dilakukan evaluasi terhadap penggunaan material tersebut (Kusuma, 2010). Secara umum sisa material (waste) merupakan pemborosan tidak hanya berupa materi tetapi juga sumber daya lain seperti waktu, energi, serta alat yang tidak memberikan nilai tambah (Sapitri dan Firdaus, 2019). Banyak faktor yang menjadi sumber terjadinya sisa material (waste) pada sebuah proyek antara lain desain, pengadaan material, pelaksanaan, residu dan lain – lain (Gavilan dan Bemold, 1994). Faktor penyebab munculnya sisa material (waste) diantaranya adalah faktor man, faktor measure, dan menejement yang dilaksanakan kurang baik (Perdana, dkk, 2017). Sejalan dengan itu (Sugiyarto, dkk, 2017) juga menyebutkan bahwa faktor munculnya sisa material (waste) yaitu faktor pelaksanaan dan penanganan material dilapangan. Sisa material dapat timbul karena peralatan kerja kurang memadai maupun budaya kerja yang kurang baik (Gavilan dan Bernold, 1994), perilaku para pekerja di lapangan (Loosemore, 2001) dan memakai teknologi yang masih baru, dimana tukang masih belum terbiasa dengan metode tersebut, sehingga menimbulkan kesalahan dalam pemakaian material, yang pada akhirnya material tersebut tidak dapat dipakai lagi (Skoyles, 1976).

Timbulnya sisa material (waste) pada sebuah proyek merupakan suatu kerugian bagi pihak kontraktor pelaksana apabila tidak direncanakan pengendalian atau pemanfaatannya dengan baik (Wiguna, dkk, 2009). Apabila faktor-faktor penyebabnya dapat diidentifikasi maka pemborosan (waste) yang terjadi selama berlangsungnya proyek konstruksi dapat dikurangi, sehingga tujuan dari sebuah proyek konstruksi, baik dari segi waktu, mutu, dan biaya tercapai dengan baik. Adapaun penangan material agar mengurangi sisa material (waste) yaitu setiap material yang tiba di lokasi perlu ditangani dengan baik, agar tidak menimbulkan sisa material. Hal-hal lain yang perlu diperhatikan adalah Menurunkan muatan material dengan hati-hati, sehingga tidak terjadi banyak material yang rusak (Skoyles, 1976), menerima dan memeriksa material, hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya penerimaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diminta, volume yang kurang dan material yang rusak dari supplier (Stuckhart, 1995), melakukan penumpukan material dengan benar, baik jumlah penumpukan yang diperbolehkan sesuai dengan rekomendasi pabrik maupun metode penumpukan, pemindahan material dari tempat penyimpanan ke tempat kerja harus dilakukan dengan hati-hati, dan penataan site dibuat sebaik mungkin, sehingga arus material jalannya pendek dan aman (Widhiawati dkk, 2019).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pengembangan Pelabuhan Tengkyau 1 Tahap 5 Kota Tarakan Berlokasi di Sebengkok, Kecamatan Tarakan Tengah, Kota Tarakan, Kalimantan Utara.



Sumber: Google Maps, 2022

Gambar 1 Lokasi Penelitian

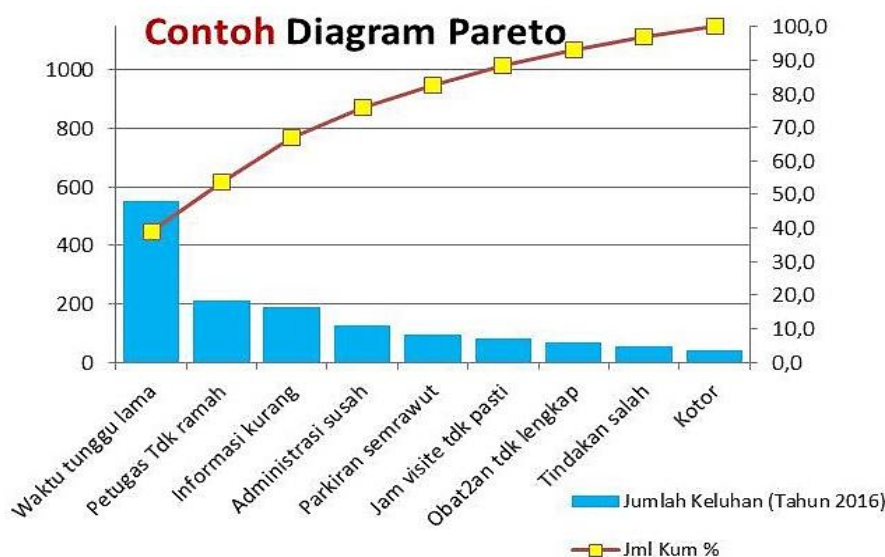
2.2. Tahapan Penelitian

2.2.1. Identifikasi Material Berpotensi Waste

Identifikasi material ini bertujuan untuk mengetahui material yang berpotensi menjadi sisa material konstruksi dan diberi batasan dengan material trading. Material trading yaitu material yang dibeli kemudian dapat langsung dipakai tanpa mencampur dengan material yang lain.

2.2.2. Analisa Pareto

Pada langkah ini bertujuan mengetahui material yang memiliki dampak terbesar dalam suatu pelaksanaan kegiatan proyek yang dituangkan ke dalam bentuk grafik pareto agar mempermudah dalam membandingkan sisa material terbanyak pada suatu pekerjaan proyek.



Gambar 2 Contoh Diagram Pareto

2.2.3. Perhitungan Volume

Pada tahap ini dilakukan perhitungan volume *waste* yang dibedakan antara material yang datang dan material yang terpasang pada lokasi pekerjaan.

2.2.4. Perhitungan Waste Level

Waste level ini di hitung untuk mengetahui volume dari masing-masing item material yang diteliti. Waste level ini di hitung menggunakan metode pendekatan dengan rumus umum, seperti pada persamaan (1) :

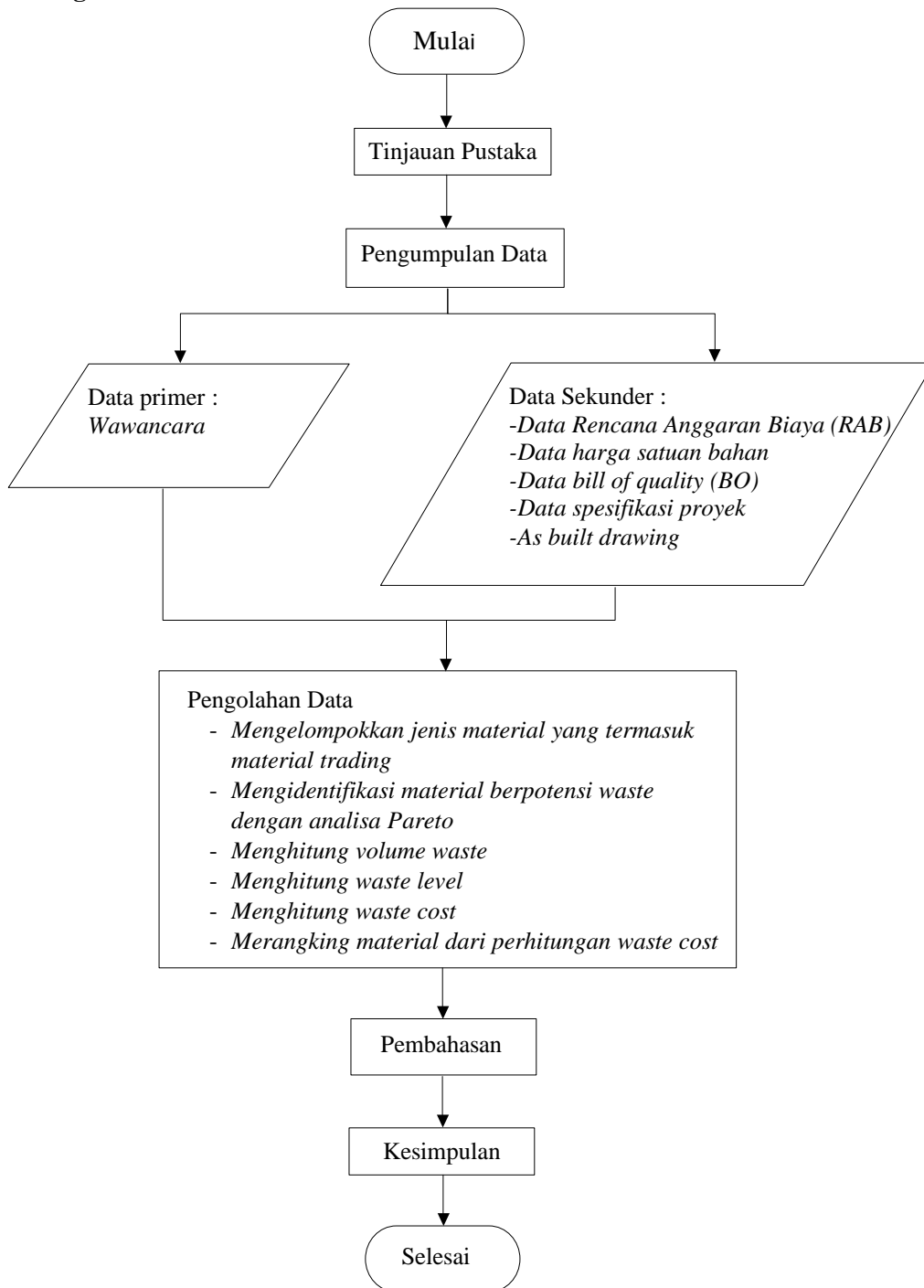
$$\text{Waste level} = \text{volume material} / \text{volume material terpakai} \quad (1)$$

2.2.5. Perhitungan Waste Cost

Perhitungan ini dilakukan karena ingin mengetahui apakah volume waste yang besar dapat menghasilkan waste cost yang besar pula. Perhitungan menggunakan rumus berikut, seperti pada persamaan (2) :

$$\text{Waste Cost} = \text{Waste Level} \times \% \text{ Bobot Pekerjaan} \times \text{Total Nilai Kontrak} \quad (2)$$

2.3. Diagram Alir



Gambar 3 Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Material yang Berbiaya besar dan Berpotensi Menimbulkan Sisa Material Konstruksi

Identifikasi material ini bertujuan untuk mengetahui material yang berpotensi menjadi sisa material konstruksi dan untuk menentukan material yang akan diteliti pada tugas akhir ini. Material yang berpotensi menjadi sisa material konstruksi diberi batasan kembali yaitu dengan material trading, yaitu

material yang dibeli kemudian dapat langsung dipakai tanpa mencampur dengan material yang lain. Dalam melakukan identifikasi material, material yang berasal dari berbagai macam pekerjaan terlebih dahulu dikelompokkan menjadi satu sesuai dengan jenisnya sehingga diperoleh harga total dari tiap-tiap jenis material. Setelah material dikelompokkan menjadi satu lalu dipilih material yang merupakan material trading. Sehingga material yang bukan termasuk material trading tidak termasuk material yang akan dianalisa menggunakan analisa pareto. Selanjutnya mengelompokkan jenis material yang termasuk material trading berdasarkan hasil wawancara dan rencang anggaran biaya (RAB) maka didapatkan jenis material sebagai berikut:

Tabel 1 Daftar Jenis Material Berdasarkan Hasil Wawancara dan RAB

Pengelompokkan Jenis Material	
Cover ACP	Lovre bilah/blade 4" white annodize
Kaca dark blue 5 mm	Batu bata
Galvanize 5"	Granito 60X60 cm
Pipa pvc 2"	Rangka besi hollow 4X4 cm t=1,7 mm
Homogenous tile 60X60	Atap solarflat 0.6 mm
Plat 12 mm	Waterproofing membran sheet
Kusen aluminium 4"	Kaca bening 8 mm
Kaca dark green 8 mm	Rangka hollow galvalum 4/4
Plafon pvc 5/5 cm	Rangka aluminium white annodize 4"
Plat 10 mm	Besi D10
Pipa gip 1,5"	Besi D12
Besi pipa 10" (267.44 mm) t= 6.6 mm	Besi D16
Pipa gip 2,5"	Besi D22
Besi ø 2,5 " (165.2 mm) t = 3 mm	
Besi ø 4 " (114.3 mm) t = 4.5 mm	
Atap spandek tct 0.4 mm	

3.2 Identifikasi Material Trading

Setelah material trading sudah terpilih dan telah diurutkan dari yang terbesar sampai dengan yang terkecil. Selanjutnya, setiap volume dari material tersebut dikalikan dengan koefisien tiap pekerjaan dan harga satuan, hal ini bertujuan untuk mengetahui total harga dari setiap material trading tersebut. Kemudian dibuat kolom persen biaya yang kemudian dikumulatiffkan sehingga menjadi kolom persen biaya. Cara menentukan persen biaya adalah harga material dibagi dengan harga seluruh material lalu dikalikan dengan 100%. Adapun contoh perhitungan langkah-langkah diatas, seperti pada persamaan (3):

$$Presentase\ total = \frac{harga\ material}{harga\ seluruh\ material} \times 100\% \quad (3)$$

Contoh :

$$\begin{aligned} Presentase\ cover\ ACP &= \frac{270.916.463,09}{2.961.054.465,26} \times 100\% \\ &= 9,15\% \end{aligned}$$

Keterangan :

Harga material = volume material x harga satuan

Tabel 2 Identifikasi material trading

No	Jenis Material	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah (Rp)	% Total	Jumlah Kumulatif (Rp)	% Kumulatif
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Cover ACP	574,73	m2	Rp 471.380,00	270.916.463,09	9,15	270.916.463,09	9,15
2	Kaca Dark Blue 5 mm	274,70	m2	Rp 700.000,00	192.290.000,00	6,49	463.206.463,09	15,64
3	Batu Bata	27.130,40	bh	Rp 1.200,00	32.556.480,00	1,10	495.762.943,09	16,74
4	Galvanize 5 "	391,68	m	Rp 296.633,33	116.185.344,00	3,92	611.948.287,09	20,67
5	Granito 60x60 cm	608,89	m2	Rp 340.725,00	207.462.682,35	7,01	819.410.969,44	27,67
6	Pipa PVC 2 "	108,00	m	Rp 18.150,00	1.960.200,00	0,07	821.371.169,44	27,74
7	Rangka Besi Hollow 4x4 cm t=1,7 mm	561,33	m	Rp 37.308,33	20.942.118,86	0,71	842.313.288,30	28,45
8	Homogenous Tile 60x60	228,00	m2	Rp 340.725,00	77.685.300,00	2,62	919.998.588,30	31,07
9	Atap Solarflat 0.6 mm	112,27	m2	Rp 819.000,00	91.945.854,00	3,11	1.011.944.442,30	34,18
10	Plat 12 mm	701,70	kg	Rp 17.500,00	12.279.750,00	0,41	1.024.224.192,30	34,59
11	Waterproofing membran sheet	876,57	m2	Rp 86.625,00	75.932.703,00	2,56	1.100.156.895,30	37,15
12	Kusen Aluminium 4 "	740,00	m	Rp 165.165,00	122.222.100,00	4,13	1.222.378.995,30	41,28
13	Kaca Bening 8 mm	4,44	m2	Rp 450.000,00	1.998.000,00	0,07	1.224.376.995,30	41,35
14	Kaca Dark Green 8 mm	63,41	m2	Rp 720.000,00	45.653.760,00	1,54	1.270.030.755,30	42,89
15	Rangka Hollow Galvalum 4/4	222,00	m2	Rp 25.950,00	5.760.900,00	0,19	1.275.791.655,30	43,09
16	Plafon PVC Gloss Silver t= 1.2 cm	222,00	m2	Rp 325.000,00	72.150.000,00	2,44	1.347.941.655,30	45,52
17	List Plafon PVC 5/5 cm	92,80	m	Rp 37.500,00	3.480.000,00	0,12	1.351.421.655,30	45,64
18	Rangka Aluminium White Anodize 4 "	353,23	m	Rp 198.000,00	69.939.540,00	2,36	1.421.361.195,30	48,00
19	Lovre Bilah/Blade 4" White Anodize	80,62	m2	Rp 625.000,00	50.387.500,00	1,70	1.471.748.695,30	49,70
20	Plat 10 mm	5.945,64	kg	Rp 17.500,00	104.048.700,00	3,51	1.575.797.395,30	53,22
21	Pipa GIP 1,5"	35,78	m	Rp 204.666,67	7.323.792,00	0,25	1.583.121.187,30	53,46
22	Besi pipa 10 " (267.44 mm) t= 6.6 mm	5.273,18	kg	Rp 38.005,00	200.407.357,92	6,77	1.783.528.545,22	60,23
23	Pipa GIP 2,5"	23,20	kg	Rp 204.666,67	4.748.266,67	0,16	1.788.276.811,89	60,39
24	Besi Ø 2,5 " (165.2 mm) t= 3 mm	1.274,40	kg	Rp 38.005,00	48.433.572,00	1,64	1.836.710.383,89	62,03
25	Besi Ø 4 " (114.3 mm) t= 4.5 mm	4.315,20	kg	Rp 38.005,00	163.999.176,00	5,54	2.000.709.559,89	67,57
26	Atap Spandek tct 0.4 mm	185,15	m2	Rp 95.000,00	17.589.022,00	0,59	2.018.298.581,89	68,16
27	Besi D10	1.065,82	kg	Rp 25.350,00	27.018.587,70	0,91	2.045.317.169,59	69,07
28	Besi D12	18.158,90	kg	Rp 25.350,00	460.328.072,75	15,55	2.505.645.242,34	84,62
29	Besi D16	13.059,90	kg	Rp 30.520,00	398.588.249,73	13,46	2.904.233.492,07	98,08
30	Besi D22	1.861,76	kg	Rp 30.520,00	56.820.973,19	1,92	2.961.054.465,26	100,00
TOTAL					2.961.054.465,26	100,00		

Berdasarkan hasil rangking material trading Tabel 3 didapatkan persentase tertinggi yaitu jenis material besi D12 dengan persentase 15,55 %. Sedangkan persentase terendah yaitu jenis material pipa PVC 2" dengan persentase 0,07 %.

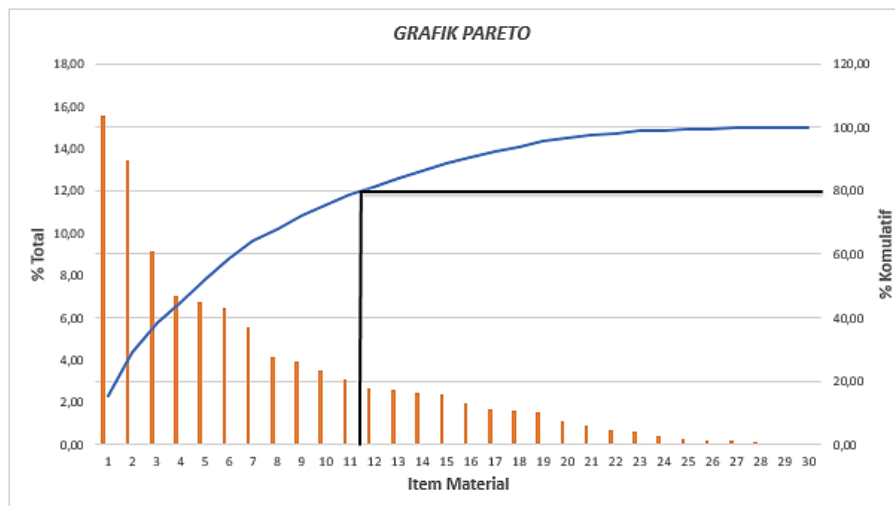
Langkah selanjutnya yaitu melakukan analisa pareto untuk memilih material yang akan diteliti dan memiliki biaya besar. Berikut langkah-langkah analisa pareto ;

- Tabel penyebab dan frekuensi sebagai persentase,
- Atur baris urutan penurunan dengan penyebab yang memiliki presentase terbesar ke penyebab dengan presentase terkecil.
- Tambah kolom presentase kumulatif,
- Plot dengan penyebab pada x-axis dan presentase kumulatif pada sumbu-y,
- Gabungkan dengan poin di atas untuk membentuk kurva,
- Plot (pada garis yang sama) grafik batang dengan penyebab pada x-axis dan persen frekuensi pada sumbu-y,
- Tarik garis di 80% pada y-axis sejajar dengan sumbu-x kemudian turun garis pada titik persimpangan dengan kurva pada sumbu-x ini, titik pada sumbu-x memisahkan penyebab penting pada penyebab kiri dan kurang penting di sebelah kanan

Tabel 3 Rangkings material trading

No	Jenis Material	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah (Rp)	% Total	Jumlah Kumulatif (Rp)	% Kumulatif
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Besi D12	18.158,90	kg	Rp 25.350,00	460.328.072,75	15,55	460.328.072,75	15,55
2	Besi D16	13.059,90	kg	Rp 30.520,00	398.588.249,73	13,46	858.916.322,48	29,01
3	Cover ACP	574,73	m2	Rp 471.380,00	270.916.463,09	9,15	1.129.832.785,57	38,16
4	Granito 60x60 cm	608,89	m2	Rp 340.725,00	207.462.682,35	7,01	1.337.295.467,92	45,16
5	Besi pipa 10 " (267.44 mm) t= 6.6 mm	5.273,18	kg	Rp 38.005,00	200.407.357,92	6,77	1.537.702.825,84	51,93
6	Kaca Dark Blue 5 mm	274,70	m2	Rp 700.000,00	192.290.000,00	6,49	1.729.992.825,84	58,42
7	Besi Ø 4 " (114.3 mm) t= 4.5 mm	4.315,20	kg	Rp 38.005,00	163.999.176,00	5,54	1.893.992.001,84	63,96
8	Kusen Aluminium 4 "	740,00	m	Rp 165.165,00	122.222.100,00	4,13	2.016.214.101,84	68,09
9	Galvanize 5 "	391,68	m	Rp 296.633,33	116.185.344,00	3,92	2.132.399.445,84	72,01
10	Plat 10 mm	5.945,64	kg	Rp 17.500,00	104.048.700,00	3,51	2.236.448.145,84	75,53
11	Atap Solarflat 0.6 mm	112,27	m2	Rp 819.000,00	91.945.854,00	3,11	2.328.393.999,84	78,63
12	Homogenous Tile 60x60	228,00	m2	Rp 340.725,00	77.685.300,00	2,62	2.406.079.299,84	81,26
13	Waterproofing membran sheet	876,57	m2	Rp 86.625,00	75.932.703,00	2,56	2.482.012.002,84	83,82
14	Plafon PVC Gloss Silver t= 1.2 cm	222,00	m2	Rp 325.000,00	72.150.000,00	2,44	2.554.162.002,84	86,26
15	Rangka Aluminium White Anodize 4 "	353,23	m	Rp 198.000,00	69.939.540,00	2,36	2.624.101.542,84	88,62
16	Besi D22	1.861,76	kg	Rp 30.520,00	56.820.973,19	1,92	2.680.922.516,03	90,54
17	Love Bilah/Blade 4" White Anodize	80,62	m2	Rp 625.000,00	50.387.500,00	1,70	2.731.310.016,03	92,24
18	Besi Ø 2,5 " (165.2 mm) t= 3 mm	1.274,40	kg	Rp 38.005,00	48.433.572,00	1,64	2.779.743.588,03	93,88
19	Kaca Dark Green 8 mm	63,41	m2	Rp 720.000,00	45.653.760,00	1,54	2.825.397.348,03	95,42
20	Batu Bata	27.130,40	bh	Rp 1.200,00	32.556.480,00	1,10	2.857.953.828,03	96,52
21	Besi D10	1.065,82	kg	Rp 25.350,00	27.018.587,70	0,91	2.884.972.415,73	97,43
22	Rangka Besi Hollow 4x4 cm t=1,7 mm	561,33	m	Rp 37.308,33	20.942.118,86	0,71	2.905.914.534,59	98,14
23	Atap Spandek tct 0.4 mm	185,15	m2	Rp 95.000,00	17.589.022,00	0,59	2.923.503.556,59	98,73
24	Plat 12 mm	701,70	kg	Rp 17.500,00	12.279.750,00	0,41	2.935.783.306,59	99,15
25	Pipa GIP 1,5"	35,78	m	Rp 204.666,67	7.323.792,00	0,25	2.943.107.098,59	99,39
26	Rangka Hollow Galvalum 4/4	222,00	m2	Rp 25.950,00	5.760.900,00	0,19	2.948.867.998,59	99,59
27	Pipa GIP 2,5"	23,20	kg	Rp 204.666,67	4.748.266,67	0,16	2.953.616.265,26	99,75
28	List Plafon PVC 5/5 cm	92,80	m	Rp 37.500,00	3.480.000,00	0,12	2.957.096.265,26	99,87
29	Kaca Bening 8 mm	4,44	m2	Rp 450.000,00	1.998.000,00	0,07	2.959.094.265,26	99,93
30	Pipa PVC 2 "	108,00	m	Rp 18.150,00	1.960.200,00	0,07	2.961.054.465,26	100,00
TOTAL					2.961.054.465,26	100,00		

3.3 Analisa Pareto



Gambar 4 Grafik Pareto

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa dari 30 material berdasarkan persentase analisa pareto (metode 80/20) terdapat 11 material yang merupakan 80% atau memiliki dampak terbesar dalam suatu kasus dimana dalam kasus tersebut adalah sisa material dari suatu pelaksanaan kegiatan proyek. Sedangkan 19 material termasuk kedalam 20% atau merupakan persentase terkecil yang menghasilkan sisa material berarti pada 19 material tersebut memiliki peluang yang kecil untuk menghasilkan sisa material.

Berdasarkan Gambar 4 hasil grafik pareto, material yang berpotensi menjadi limbah yaitu material besi D12 mm dengan persen biaya 15,55 %, besi D16 mm dengan persen biaya 13,46 %, cover ACP dengan persen biaya 9,15 % granito 60x60 cm dengan persen biaya 7,01 %, Besi pipa 10 " (267.44 mm) t = 6.6 mm dengan persen biaya 6,77 %, kaca dark blue 5 mm dengan persen biaya 6,49 %, Besi Ø 4 " (114.3 mm) t = 4.5 mm dengan persen biaya 5,54 %, kusen aluminium 4" dengan persen biaya 4,13 %, galvanize 5" dengan persen biaya 3,92 %, plat 10 mm dengan persen biaya 3,51 %, dan atap solarflat 0.6 mm dengan persen biaya 3,11 %.

3.4 Perhitungan Waste Level

Waste level ini dihitung untuk mengetahui volume *waste* dari masing-masing material yang sudah ditentukan melalui analisa pareto. Untuk perhitungan *waste level* dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Rangkang *Waste Level*

No	Material Yang Diteliti	Satuan	Vol. Terpasang	Material Datang	Vol. Waste	Waste Level
a	b	c	d	e	f=(e-d)	g=(f/d)*100%
1	Kaca Dark Blue 5 mm	m ²	274,70	379,54	104,84	38,17
2	Plat 10 mm	kg	5.945,64	7.232,30	1.286,66	21,64
3	Atap Solarflat 0.6 mm	m ²	112,27	131,76	19,49	17,36
4	Besi pipa 10 " (267.44 mm) t = 6.6 mm	kg	5.273,18	5.947,20	674,02	12,78
5	Kusen Aluminium 4 "	m	740,00	816,00	76,00	10,27
6	Galvanize 5 "	m	391,68	420,00	28,32	7,23
7	Besi Ø 4 " (114.3 mm) t = 4.5 mm	kg	4.315,20	4.612,80	297,60	6,90
8	Cover ACP	m ²	574,73	596,00	21,27	3,70
9	Besi D16	kg	13.059,90	13.490,00	430,10	3,29
10	Besi D12	kg	18.158,90	18.725,00	566,10	3,12
11	Granito 60x60 cm	m ²	608,89	615,60	6,71	1,10

Contoh:

Perhitungan *waste level* untuk kaca *dark blue* 5 mm :

$$\begin{aligned} \text{Volume waste} &= 379,54 \text{ m}^2 - 274,7 \text{ m}^2 \\ &= 104,84 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waste level} &= \frac{104,84 \text{ m}^2}{274,7 \text{ m}^2} \times 100 \% \\ &= 0,3817 \times 100 \% \\ &= 38,17 \% \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \text{Volume waste} &= \text{volume material datang} - \text{volume material terpasang} \\ \text{Waste level} &= \text{volume waste pada perhitungan} (\%) \end{aligned}$$

Dari kedua volume ini dapat dicari volume *waste* untuk material kaca *dark blue* 5 mm. Volume terpakai yang dikurangi dengan volume terpasang akan menghasilkan volume *waste* sehingga untuk kaca *dark blue* 5 mm volume *waste* yang didapat sebesar 104,84 m². Setelah volume *waste* diketahui, maka akan mudah untuk mengetahui *waste level* dari kaca *dark blue* 5 mm, yaitu dengan membandingkan volume *waste* dengan volume terpasang. Dan kemudian hasil dari perbandingan dikalikan dengan 100% untuk mengetahui presentase *waste level* dari material kaca *dark blue* 5 mm.

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa material yang memiliki presentase *waste level* terbesar adalah kaca *dark blue* 5 mm dengan volume *waste* 104,84 m² dengan *waste level* sebesar 38,17 %. Sedangkan material yang memiliki presentase *waste level* terkecil adalah granito 60 x 60 cm dengan *waste level* sebesar 1,10 %. Dari tabel juga dapat dilihat bahwa material yang memiliki volume *waste* tertinggi tidak selalu memiliki *waste level* yang tinggi juga karena *waste level* dipengaruhi bukan hanya oleh volume *waste* tetapi rasio volume *waste* dengan kedatangan logistik.

3.5 Perhitungan Waste Cost

Perhitungan *waste cost* bertujuan untuk memperhitungkan kerugian pembelian material terhadap nilai kontrak, nantinya *waste cost* sendiri dapat dijadikan sebagai pengontrol biaya. Perhitungan *waste cost* pada tugas akhir ini hanyalah perhitungan dengan metode pendekatan, tidak sampai menghitung *true cost of waste*, ini dikarenakan jika kita menghitung *true cost of waste* dibutuhkan data yang lebih lengkap (Branz, 2002). Adapun hasil perhitungan *waste cost* dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Rangkang Waste Cost

No	Material Yang Diteliti	Satuan	Vol. Terpasang	Material Datang	Vol. Waste	Waste Level (%)	Harga Satuan	Jumlah Harga Material (Rp)	Bobot Pekerjaan (%)	Waste Cost (Rp)
a	b	c	d	e	d-e	f	g	h	i	j
1	Kaca Dark Blue 5 mm	m ²	274,70	379,54	104,84	38,17	Rp 700.000,00	265.679.400,00	0,018	101.399.197,87
2	Plat 10 mm	kg	5.945,64	7.232,30	1.286,66	21,64	Rp 17.500,00	126.565.250,00	0,009	27.389.220,43
3	Atap Solarflat 0.6 mm	m ²	112,27	131,76	19,49	17,36	Rp 819.000,00	107.911.440,00	0,007	18.737.869,09
4	Besi pipa 10 " (267.44 mm) t = 6.6 mm	kg	5.273,18	5.947,20	674,02	12,78	Rp 38.005,00	226.023.336,00	0,015	28.890.200,84
5	Kusen Aluminium 4 "	m	740,00	816,00	76,00	10,27	Rp 165.165,00	134.774.640,00	0,009	13.841.719,78
6	Galvanize 5 "	m	391,68	420,00	28,32	7,23	Rp 296.633,33	124.586.000,00	0,008	9.008.056,37
7	Besi Ø 4 " (114.3 mm) t = 4.5 mm	kg	4.315,20	4.612,80	297,60	6,90	Rp 38.005,00	175.309.464,00	0,012	12.090.307,86
8	Cover ACP	m ²	574,73	596,00	21,27	3,70	Rp 471.380,00	280.942.480,00	0,019	10.397.057,54
9	Besi D16	kg	13.059,90	13.490,00	430,10	3,29	Rp 30.520,00	411.714.800,00	0,028	13.558.841,79
10	Besi D12	kg	18.158,90	18.725,00	566,10	3,12	Rp 25.350,00	474.678.750,00	0,032	14.798.058,04
11	Granito 60x60 cm	m ²	608,89	615,60	6,71	1,10	Rp 340.725,00	209.750.310,00	0,014	2.312.852,62
TOTAL WASTE COST										252.423.382,25

Contoh:

Perhitungan *waste cost* untuk material kaca *dark blue* 5 mm:

$$\text{Waste level} = 38,17 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot pekerjaan} &= \text{Rp. } 265.679.400 / \text{Rp. } 14.834.000.000 \\ &= 0,018 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= 0,3817 \times 0,007 \times \text{Rp. } 14.834.000.000 \\ &= \text{Rp. } 101.399.197,87 \end{aligned}$$

Dari Tabel 4 dapat terlihat bahwa material yang memiliki *waste cost* terbesar adalah kaca *dark blue* 5 mm dengan total *waste cost* sebesar Rp. 101.399.197,87. Sedangkan pada Tabel 3 yang menunjukkan rangking terbesar adalah kaca *dark blue* 5 mm dengan volume *waste* 104,84 m² dengan *waste level* sebesar 38,17 %. Dengan demikian membuktikan bahwa material dengan nilai presentase *waste level* yang besar tidak harus memiliki nilai *waste cost* yang besar juga. Namun hal ini dapat berbanding lurus dengan bobot pekerjaan dan nilai dari *waste level* material itu sendiri, sehingga jika material itu memiliki bobot pekerjaan dan *waste level* yang besar maka nilai dari *waste cost* akan menjadi besar pula.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian terhadap sisa material konstruksi pada Proyek Pembangunan Pelabuhan (Studi Kasus: Pengembangan Pelabuhan Tengkeyu 1 Tahap 5 Kota Tarakan), maka kesimpulan yang diperoleh selama penelitian yaitu:

1. Material yang menjadi sisa material konstruksi pada Proyek Pembangunan Pengembangan Pelabuhan Tengkeyu 1 Tahap 5 Kota Tarakan adalah kaca dark blue 5 mm, galvanize 5", granito 60x60 cm, cover ACP, atap solarflat 0.6 mm, kusen aluminium 4", plat 10 mm, besi Ø 4 " (114.3 mm) t = 4.5 mm, besi pipa 10 " (267.44 mm) t = 6.6 mm, besi D16, besi D12.
2. Sisa material yang memiliki volume dan biaya tertinggi pada Proyek Pembangunan Pengembangan Pelabuhan Tengkeyu 1 Tahap 5 Kota Tarakan adalah kaca dark blue 5 mm dengan total waste cost sebesar Rp. 101.399.197,87.

DAFTAR PUSTAKA

- Branz. 2002. *Easy Guide to Reducing Construstion Waste*. New Zealand.
- Gavilan, R. M., dan Bernold, L. E. (1994). *Source Evaluation of Solid Waste In Building Construction*. Journal of Construction Engineering and Management, 541-542.
- Kusuma, Valentino Arya. 2010. *Evaluasi Sisa Material Pada Proyek Gedung Pendidikan Dan Laboratorium 8 Lantai Fakultas Kedokteran Uns Tahap 1*. Skripsi, Universitas Sebelas Maret.
- Loosemore, M., and Teo, M.M.M. (2001). *A Theory of waste behaviour in the construction industry*, Journal construction management and economics.
- Perdana, A.S, Indrayadi, M, Dan Pratiwi, R. 2017. *Identifikasi Construction Material Waste Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Rumah Jabatan Rektor Untan Pontianak)*. Artikel ilmiah, Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Sapitri, Firdaus. 2019. *Waste Konstruksi: Identifikasi Potensi dan Penyebabnya Pada Proyek Perumahan Di Pekanbaru*. Jurnal Saintis. Volume 19 Nomor 2 (79-88).
- Skoyles, E.F. 1976. *Material wastage: A misuse of resources, Building, Research and Practice*.
- Stuckhart, George. 1995. *Construction Materials Management*, Marcel Dekker, Inc.
- Sugiyarto, Hartono, W, Dan Prakoso, I.T. 2017. *Analisis Dan Identifikasi Sisa Material Kontruksi Dalam Proyek Pembangunan Dan Peningkatan Jalan Solo-Gemolong-Geyer Bts, Kab.Sragen*. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 070-1077.
- Widhiawati, I.A.R, Astana, N.Y, & Indrayani, N.L.A. 2019. *Kajian Pengelolaan Limbah Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Bali*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 23, 1.
- Wiguna, P.A, Rahmawati, F, Dan Haposan, J. 2009. *Identifikasi Material Waste Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Ruko San Diego Pakuwon City Surabaya)*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah