



## Pengendalian Waste Material dengan Prinsip Eliminate Waste Guna Mengendalikan Waste of Material

Anita Trisiana<sup>1\*</sup>, Syamsul Arifin<sup>2</sup>, Brillian Istana Audio<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember, Jember

\*Corresponding author's email: [anita.teknikunej@gmail.com](mailto:anita.teknikunej@gmail.com)

Diterima: Mei 2023, Direvisi: Juni 2023, Disetujui: Oktober 2023, Terbit: Oktober 2023

**Abstract:** Accurate quality, time and budget have become a reference for the success of a project. However, the presence of waste, especially waste of materials, which cannot be handled properly, can cause cost overruns and overtime. Upper structure work is vulnerable to producing waste, so waste control must be carried out. This research aims to calculate waste levels and waste costs using the Eliminate Waste principle, identify factors that cause waste of material and create control recommendations. The research results show that the highest waste level is found in D22 threaded iron at 7.59%, and the lowest is in D10 threaded iron at 0.40%; regarding the highest waste cost, it is found in D22 Threaded Iron as much as IDR 533,908,298.14,-, while the lowest waste cost is in D8 Threaded Iron as much as IDR 461,886.83,-. Factors that cause material waste are damaged material conditions, rework or repair, errors in cutting material, errors in reading shop drawings, lack of measuring tool productivity, inappropriate use of tools, lack of coordination, lack of supervisory management and lousy weather. Control recommendations include monitoring material quality, strengthening supervisory management, ensuring the appropriateness of material storage, coordinating between parties, reading shop drawings before starting work, working according to SOPs, providing worker expertise, checking the accuracy of implementation methods, ensuring equipment suitability, measuring tool productivity, carrying out maintenance the right tools, training workers, creating good cooperation, scheduling meetings every week, preparing material covers in case of rain, and separate storage of vulnerable materials.

**Keywords:** Waste of Material; Eliminate Waste; Lean Construction.

**Abstrak:** Tepat mutu, waktu dan anggaran telah menjadi acuan keberhasilan suatu proyek. Namun, kehadiran waste terutama waste of material yang tidak dapat diatasi secara tepat mampu menyebabkan pembengkakan biaya (cost overrun) dan overtime. Pekerjaan struktur atas menjadi pekerjaan yang rentan dalam menghasilkan waste sehingga pengendalian waste perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung waste level dan waste cost dengan prinsip Eliminate Waste, mengidentifikasi faktor penyebab waste of material dan menciptakan rekomendasi pengendalian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waste level tertinggi terdapat pada Besi Ulir D22 sebesar 7.59%, waste level terendah pada Besi Ulir D10 sebesar 0.40%. Terkait waste cost tertinggi terdapat pada Besi Ulir D22 sebanyak Rp 533.908.298,14,-, sedangkan waste cost terendah pada Besi Ulir D8 sebanyak Rp 461.886,83,-. Faktor penyebab waste of material adalah kondisi material rusak, rework atau repair, kesalahan pemotongan material, kesalahan pembacaan shop drawing, kurangnya pengukuran produktivitas alat, penggunaan alat kurang tepat, kurangnya koordinasi, kurangnya manajemen pengawasan dan cuaca buruk. Rekomendasi pengendalian meliputi pengawasan kualitas material, memperkuat manajemen pengawasan, memastikan kelayakan penyimpanan material, berkoordinasi antar pihak, membaca shop drawing sebelum memulai pekerjaan, bekerja sesuai SOP, memastikan keahlian pekerja, mengecek ketepatan metode pelaksanaan, memastikan kelayakan peralatan, mengukur produktivitas alat, melakukan perawatan alat dengan tepat, melakukan pelatihan kepada pekerja, menciptakan kerjasama yang baik, membuat jadwal rapat tiap minggu, menyiapkan penutup material jika hujan, dan penyimpanan terpisah terhadap material yang rentan.

**Keywords:** Material Sisa; Eliminasi Sisa; Konstruksi Ramping

### 1. Pendahuluan

Suatu proyek konstruksi telah menjadi serangkaian hal yang kompleks dan memiliki proses yang cukup panjang di dalam pembangunannya. Tepat mutu, waktu dan anggaran berperan sebagai acuan keberhasilan dari proyek konstruksi [1]. Namun pada proyek konstruksi, masih terlihat berbagai permasalahan mulai dari aspek pelaksanaan hingga manajemen, sehingga hal tersebut berdampak dalam menghasilkan suatu pemborosan [2]. Kehadiran Non Value-Adding Activities atau waste memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap kinerja suatu proyek. Salah satu waste yang sering terjadi pada proyek konstruksi ialah waste of material, yang didefinisikan sebagai sisa material yang tidak memiliki nilai dan fungsi selama proses konstruksi berlangsung [3]. Dampak negatif dari waste of material jika tidak diatasi secara tepat dapat menyebabkan pembengkakan biaya (cost overrun) dan overtime [4].

Pekerjaan struktur atas yang mencakup pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai menjadi item pekerjaan yang rentan dalam menghasilkan waste of material. Dikarenakan dalam pekerjaan tersebut membutuhkan jenis material yang tidak sedikit, sehingga pengendalian waste perlu dilakukan. Menurut penelitian dari Bossink dan Brouwers yang menjelaskan bahwa terdapat faktor-faktor penyebab waste of material diantaranya aspek perencanaan atau design, aspek pengadaan, aspek penanganan, aspek pelaksanaan, aspek residual, aspek sisa dan lain-lain [5].

Berkaitan dengan problematika tersebut, penelitian ini akan membahas terkait penerapan prinsip Eliminate Waste untuk mengetahui nilai waste of material, mengidentifikasi faktor penyebab waste of material dan menciptakan rekomendasi tindakan pengendalian pada pekerjaan struktur atas. Prinsip Eliminate Waste yang merupakan bagian dari metode Lean Construction akan menyajikan konsep yang efektif guna meminimalisir waste dan memberikan perubahan waktu, biaya dan kualitas secara bersamaan [6]. Oleh sebab itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung waste level, waste cost, mengidentifikasi faktor penyebab waste of material dan menciptakan rekomendasi pengendalian waste of material.

Konsep dari prinsip Eliminate Waste ialah suatu konsep yang menitikberatkan dalam mengidentifikasi jenis waste yang terjadi dan menghitung jumlah waste, sehingga dapat dilakukan perbaikan dan pengendalian terhadap waste tersebut. Implementasi prinsip "Eliminate Waste" pada penelitian ini akan berfokus terhadap identifikasi jenis waste of material yang terjadi pada pekerjaan struktur atas dan menghitung jumlah waste melalui perhitungan waste level dan waste cost.

Penelitian ini bertempat di Proyek Pembangunan Gedung Research Center Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur di Kota Surabaya. Proyek ini direncanakan memiliki tujuh (7) lantai yang akan digunakan sebagai fasilitas pendukung perkuliahan. Dalam proses pembangunannya, proyek ini rentan akan adanya waste of material yang dapat menghambat proses pengerjaannya terutama terhadap pekerjaan struktur atas, seperti pekerjaan kolom, balok, dan pelat lantai. Mengingat fungsi dari pembangunan gedung Research Center adalah sebagai pendukung perkuliahan, maka pengendalian waste perlu menjadi perhatian khusus.

## 2. Metodologi

### 2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi pada Proyek Pembangunan Gedung Research Center Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur yang beralamat di Jalan Rungkut Madya No. 1 Gunung Anyar, Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294. Peta Lokasi studi kasus dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

## 2.2 Analisa Pengolahan Data

Merancang *breakdown* kebutuhan material yang berguna untuk mengklasifikasikan elemen-elemen yang terlibat pada pekerjaan struktur atas menjadi lebih detail yang bersumber dari *shop drawing*. Perhitungan volume material terpasang bertujuan untuk mengetahui besaran volume material yang terpasang pada suatu pekerjaan. Perhitungan waste level bertujuan untuk mengetahui besarnya persentase waste pada material yang ditinjau. Untuk menghitung waste level dapat menggunakan rumus (1).

$$\text{Waste Level} = \frac{\text{Volume Waste}}{\text{Volume Material}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan

Volume waste : Volume dipesan – Volume terpasang

Volume material : Volume terpasang

1. Perhitungan waste cost bertujuan untuk mengetahui besarnya kerugian biaya yang diakibatkan oleh waste. Untuk menghitung waste cost dapat menggunakan rumus (2).

$$\text{Waste cost} = \text{Waste Level} \times \text{Bobot} \times \text{nilai kontrak} \quad (2)$$

dengan

Waste Level : (data perhitungan sebelumnya)

Bobot : Jumlah harga material / nilai kontrak

Nilai kontrak : Total nilai kontrak proyek

2. Identifikasi penyebab waste of material bersumber dari penyebaran kuisioner kepada 10 responden dengan total variabel kuisioner berjumlah 52. Responden dalam penyebaran kuisioner ini terdiri dari Supervisor, Warehouse, Supervisor MEP, HSE, Engineering, Admin Teknik, Engineering MEP, Pengawas, Supervisor MEP dan QS&QC.2

**Tabel 1** Variabel Kuisioner

Jenis	Variabel	Kode	Sumber
Material	Kualitas material tidak sesuai spesifikasi	A1	Julisa, et. al., 2019
	Kondisi material rusak	A2	Julisa, et. al., 2019
	Tempat penyimpanan material kurang baik	A3	Perdana, et. al., 2018
	Tempat pengolahan material kurang baik	A4	Julisa, et. al., 2019
	Jumlah ketersediaan material	A5	Bhaskara, et. al., 2022
	Keterlambatan material datang	A6	Julisa, et. al., 2019
	Material hilang	A7	Bhaskara, et. al., 2022
	Terjadinya perubahan harga material secara mendadak	A8	Bhaskara, et. al., 2022
	Sering terjadinya perubahan spesifikasi material	A9	Lestari, et. al., 2022
Metode	Metode konstruksi kurang tepat	B1	Julisa, et. al., 2019
	Terjadinya rework/repair	B2	Bhaskara, et. al., 2022
	Kesalahan pemotongan material	B3	Perdana, et. al., 2018
	Kesalahan pengangkutan material	B4	Lestari, et. al., 2022
	Kesalahan pemasangan material	B5	Lestari, et. al., 2022
	Sering terjadinya perubahan metode konstruksi	B6	Julisa, et. al., 2019
Tenaga Kerja	Kompetensi pekerja masih kurang	C1	Julisa, et. al., 2019
	Pekerja tidak disiplin	C2	Julisa, et. al., 2019
	Kesalahan pembacaan <i>Shop Drawing</i>	C3	Julisa, et. al., 2019
	Terjadinya perubahan desain yang terlalu sering	C4	Bhaskara, et. al., 2022
	<i>Shop Drawing</i> kurang mendetail	C5	Julisa, et. al., 2019
	Kurangnya pengawasan saat proses pengolahan material	C6	Aulia, et. al., 2016
	Jumlah pekerja kurang	C7	Bhaskara, et. al., 2022
	Tenaga kerja sulit bekerja sama dalam satu teamwork	C8	Bhaskara, et. al., 2022

Jenis	Variabel	Kode	Sumber
Peralatan	Kecelakaan tenaga kerja saat proses pengangkutan dan pengolahan material	C9	Mudzakir <i>et. al.</i> , 2017
	Kondisi peralatan rusak	D1	Bhaskara, <i>et. al.</i> , 2022
	Terdapat peralatan yang hilang	D2	Lestari, <i>et. al.</i> , 2022
	Kekurangan peralatan	D3	Julisa, <i>et. al.</i> , 2019
	Kurangnya pengukuran produktivitas peralatan	D4	Bhaskara, <i>et. al.</i> , 2022
	Kurangnya sistem perawatan peralatan	D5	Aulia, <i>et. al.</i> , 2016
	Penggunaan peralatan kurang tepat	D6	Julisa, <i>et. al.</i> , 2019
	Kurangnya operator alat berat	D7	Bhaskara, <i>et. al.</i> , 2022
	Tempat penyimpanan peralatan kurang memadai	D8	Elizar, <i>et. al.</i> , 2012
Manajemen	Kurangnya kompetensi tenaga kerja dalam mengoperasikan peralatan	D9	Julisa, <i>et. al.</i> , 2019
	Kurangnya koordinasi antara staff dengan pekerja	E1	Mudzakir <i>et. al.</i> , 2017
	Kurangnya <i>quality control system</i> dari tiap pekerjaan	E2	Julisa, <i>et. al.</i> , 2019
	Kurangnya menerapkan manajemen keselamatan	E3	Lestari, <i>et. al.</i> , 2022
	Perencanaan dan sistem penjadwalan kurang tepat	E4	Mudzakir <i>et. al.</i> , 2017
	Manajemen lokasi kurang baik	E5	Lestari, <i>et. al.</i> , 2022
	Kurangnya pngawasan terhadap kualitas material	E6	Aulia, <i>et. al.</i> , 2016
	Kurangnya tindakan pencegahan <i>waste of material</i>	E7	Perdana, <i>et. al.</i> , 2018
	Perencanaan sistem manajemen kurang maksimal	E8	Lestari, <i>et. al.</i> , 2022
	Kurangnya tenaga profesional dalam sistem manajemen	E9	Julisa, <i>et. al.</i> , 2019
	Perencanaan daftar spesifikasi teknis material kurang lengkap	E10	Bhaskara, <i>et. al.</i> , 2022
	Terjadinya kesalahan pada SOP	E11	Bhaskara, <i>et. al.</i> , 2022
	Ketidaktuntasan informasi mengenai Pra Construction Meeting	E12	Bhaskara, <i>et. al.</i> , 2022
Lingkungan dan Eksternal	Perhitungan RAB tidak rinci	E13	Bhaskara, <i>et. al.</i> , 2022
	Cuaca buruk	F1	Julisa, <i>et. al.</i> , 2019
	Jarak lokasi material terlalu jauh	F2	Mudzakir <i>et. al.</i> , 2017
	Kondisi lokasi proyek kurang memadai	F3	Julisa, <i>et. al.</i> , 2019
	Supplier melakukan kecurangan	F4	Bhaskara, <i>et. al.</i> , 2022
	Kurangnya nominal pembayaran terhadap supplier material	F5	Bhaskara, <i>et. al.</i> , 2022
Pengaruh sosial politik	F6	Elizar, <i>et. al.</i> , 2012	

Setelah dilakukan penyebaran kuisioner, maka dilakukan uji validitas yang bertujuan untuk mengetahui ketepatan variabel dalam melaksanakan fungsinya. Perhitungan validitas dapat menggunakan rumus (3).

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad (3)$$

dengan :

$r_{xy}$  : koefisien korelasi variabel X dan variabel Y

$\sum XY$  : perkalian variabel X dan variabel Y

$\sum X^2$  : kuadrat dari variabel X

$\sum Y^2$  : kuadrat dari variabel Y

$(\sum X)^2$  : nilai variabel X lalu dikuadratkan

$(\sum Y)^2$  : nilai variabel Y lalu dikuadratkan

Kemudian dilakukan uji reliabilitas untuk mengukur sejauh mana alat ukur dapat diandalkan. Untuk mendapatkan nilai reliabilitas dapat menggunakan rumus (4).

$$ri = \left\{ \frac{n}{n-1} \right\} \left\{ 1 - \frac{\sum Si^2}{\sum St^2} \right\} \tag{4}$$

dengan :

- ri* : Nilai Reliabilitas
- n* : Jumlah Variabel
- Si<sup>2</sup>* : Varians Butir
- St<sup>2</sup>* : Varians Total

Variabel kuisioner yang dinyatakan “valid”, akan dihitung nilai persentase untuk mendapatkan faktor tertinggi *waste of material*. Perhitungan rerata variabel dan persentase terjadinya waste of material dengan menggunakan rumus (5) dan (6) :

$$VWM = \frac{N}{n+1} \tag{5}$$

$$\%WM = \frac{F*VWM}{100} \tag{6}$$

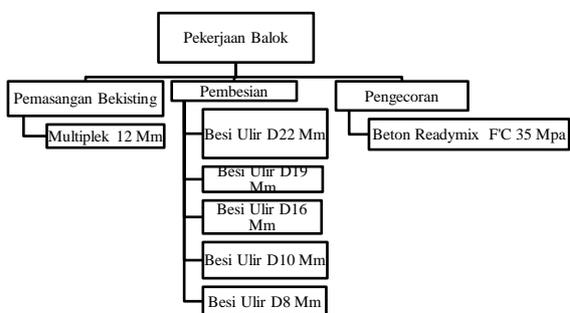
dengan :

- VWM : Rerata Variabel
- N : Total Variabel
- n : Total Kelompok Variabel
- %WM : Persentase terjadinya waste of material
- F : Frekuensi

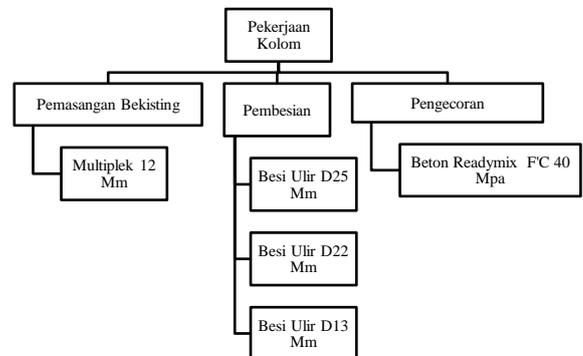
3. Merancang Rekomendasi Tindakan Pengendalian berdasarkan nilai %WM tertinggi dari tiap kelompok variabel.

### 3. Hasil dan Pembahasan

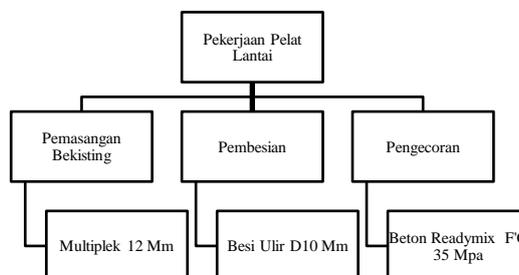
1. Perancangan breakdown kebutuhan material ditampilkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Pada gambar tersebut diuraikan langkah-langkah dalam menghitung kebutuhan material.



Gambar 2 Pekerjaan Kolom



Gambar 3 Pekerjaan Balok



Gambar 4 Pekerjaan Pelat lantai

Berdasarkan *breakdown* kebutuhan material yang telah dibuat, maka dilakukan rekapitulasi material hasil identifikasi material yang disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Rekapitulasi Identifikasi Material

Proses Pekerjaan	Material
Bekisting	Multiplek 12 mm
	Besi Ulir D8 mm
	Besi Ulir D10 mm
Pembesian	Besi Ulir D13 mm
	Besi Ulir D16 mm
	Besi Ulir D19 mm
	Besi Ulir D22 mm
Pengecoran	Besi Ulir D25 mm
	Beton Readymix f'c 35 Mpa
	Beton Readymix f'c 40 Mpa

2. Perhitungan volume material terpasang mengacu pada data *shop drawing* proyek. Rekapitulasi perhitungan volume material terpasang disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Rekapitulasi Volume Material Terpasang

Material	Volume	Satuan
Multiplek 12 mm	5611.558	m <sup>2</sup>
Besi Ulir D8 mm	8361,491	kg
Besi Ulir D10 mm	132723,747	kg
Besi Ulir D13 mm	29102,112	kg
Besi Ulir D16 mm	75313,860	kg
Besi Ulir D19 mm	22035,276	kg
Besi Ulir D22 mm	89075,180	kg
Besi Ulir D25 mm	11642,400	kg
Beton Readymix f'c 35 Mpa	1287,167	m <sup>3</sup>
Beton Readymix f'c 40 Mpa	436,470	m <sup>3</sup>

3. Perhitungan *waste level* membutuhkan data volume material terpasang dan data logistik pemesanan dan material yang masuk, kemudian dihitung menggunakan rumus (1). Rekapitulasi perhitungan *waste level* dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4** Analisa *Waste Level*

Material	Volume Terpasang	Volume Dipesan	Sat.	Waste Level (%)
Multiplek 12 mm	5611.56	5746	m <sup>2</sup>	2.39
Besi Uir D8 mm	8361.49	8424.00	kg	0.75
Besi Ulir D10 mm	132723.75	133257.84	kg	0.40
Besi Ulir D13 mm	29102.11	30014.40	kg	3.13
Besi Ulir D16 mm	75313.86	80049.12	kg	6.29
Besi Ulir D19 mm	22035.28	22590.72	kg	2.52
Besi Ulir D22 mm	89075.18	95836.80	kg	7.59
Besi Ulir D25 mm	11642.40	12012.00	kg	3.17
Beton Readymix f'c 35 Mpa	1287.17	1303	m <sup>3</sup>	1.23
Beton Readymix f'c 40 Mpa	436.47	445	m <sup>3</sup>	1.95

4. Perhitungan *waste cost* membutuhkan data nilai *waste level*, harga satuan dan total nilai kontrak proyek yang kemudian dihitung menggunakan rumus (2). Rekapitulasi perhitungan *waste cost* ditunjukkan pada Tabel 5.
5. Tahapan identifikasi penyebab *waste of material* dimulai dari pengisian kuisioner, yang dilanjutkan uji validitas, reliabilitas dan persentase *waste of material* (%WM).

Berdasarkan hasil Uji Validitas dengan rumus (3), diperoleh 6 variabel yang dinyatakan “tidak valid” dikarenakan nilai  $r$  hitung  $<$   $r$  tabel. Rekapitulasi perhitungan validitas disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 5** Analisa *Waste Cost*

Material	Waste Level (%)	Jumlah Harga (Rp)	% Bobot	Waste Cost (Rp)
Multiplek 12 mm	2.39	15,598,977	0.00027	37,261,034
Besi Uir D8 mm	0.75	617,839	0.00001	461,886
Besi Ulir D10 mm	0.40	5,528,581	0.00010	2,224,753
Besi Ulir D13 mm	3.13	9,444,516	0.00017	29,606,507
Besi Ulir D16 mm	6.29	49,025,946	0.00086	308,244,195
Besi Ulir D19 mm	2.52	5,776,450	0.00010	14,560,720
Besi Ulir D22 mm	7.59	70,335,182	0.00123	533,908,298
Besi Ulir D25 mm	3.17	3,843,998	0.00007	12,203,171
Beton <i>Ready mix</i> f'c 35 Mpa	1.23	17,715,545	0.00031	21,790,658
Beton <i>Ready mix</i> f'c 40 Mpa	1.95	10,435,517	0.00018	20,394,291

**Tabel 6** Uji Validitas

Kode	r xy	r tabel	status
A8	-0.48100	0.6319	Tidak Valid
B6	-0.27905	0.6319	Tidak Valid
C1	0.60759	0.6319	Tidak Valid
D5	0.29113	0.6319	Tidak Valid
E7	-0.30447	0.6319	Tidak Valid
F2	-0.57361	0.6319	Tidak Valid

Kemudian dilakukan Uji Reliabilitas terhadap variabel yang dinyatakan "valid", sehingga jumlah variabel yang diuji reliabilitas berjumlah 46. Rekapitulasi perhitungan reliabilitas ditampilkan pada Tabel 7.

**Tabel 7** Uji Reliabilitas

Kelompok	Varians Butir	Varians Total	ri
Material	2.0111		
Metode	1.3444		
Tenaga Kerja	2.0556		
Peralatan	2.1111	300.2667	0.9821
Manajemen	2.9889		
Lingkungan & Eksternal	1.2667		
Total	11.7778	Status	Sangat Tinggi

Setiap variabel yang valid dihitung persentase dan diambil nilai tertinggi dari tiap-tiap kelompok variabel sebagai faktor penyebab terjadinya *waste of material*. Untuk menentukan faktor penyebab *waste of material*, maka akan dilakukan klasifikasi terkait setiap variabel kuisioner berdasarkan nilai persentase terjadinya *waste of material* (%WM) tertinggi dari tiap kelompok variabel. Hasil rekapitulasi penyebab *waste of material* disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8** Penyebab *Waste of Material*

Kelompok	Faktor Penyebab	%WM	Pihak
Material	Kondisi material rusak	0.49	Supplier, Logistik
Metode	Terjadinya rework/repair	0.42	Pekerja, Kontraktor
	Kesalahan pemotongan material	0.42	Pekerja
Tenaga Kerja	Kesalahan pembacaan <i>Shop Drawing</i>	0.49	Pekerja, Drafter
Peralatan	Kurangnya pengukuran produktivitas peralatan	0.42	Kontraktor
	Penggunaan peralatan kurang tepat	0.42	Operator alat
Manajemen	Kurangnya koordinasi antara staff dengan pekerja	0.42	Pekerja, Staff
	Kurangnya pengawasan terhadap kualitas material	0.42	Supplier, QC, Logistik
Lingkungan dan Eksternal	Cuaca buruk	0.42	Logistik

6. Berdasarkan penentuan faktor penyebab *waste of material*, maka dilakukan rancangan terkait tindakan pengendalian. Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk mengendalikan *waste of material* dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9** Pengendalian Kondisi Material Rusak

Aspek	Rekomendasi Pengendalian
Man	Melakukan pengawasan secara berkala terkait kondisi material
Management	Memperbaiki sistem manajemen pengawasan Mengawasi proses pemotongan dan pengangkutan material di lapangan
Logistik	Pengecekan spesifikasi dan kualitas material yang datang Memastikan kelayakan tempat penyimpanan material
Supplier	Berkoordinasi dengan supplier untuk mengecek kembali kualitas material sebelum dikirim
Peralatan	Memastikan kelayakan peralatan untuk proses pengangkutan material di lapangan

Rekomendasi pengendalian terjadinya *Rework* atau *Repair* yang dapat dilakukan dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10** Pengendalian Terjadinya *Rework* atau *Repair*

Aspek	Rekomendasi Pengendalian
Man	Membaca SOP dan Shop Drawing sebelum memulai pekerjaan Melakukan pekerjaan sesuai dengan SOP
Management	Memantau pekerjaan di lapangan secara berkala Meningkatkan koordinasi antara staff dan pekerja Memastikan kompetensi/keahlian para pekerja Mengecek ketepatan metode pelaksanaan

Rekomendasi pengendalian yang dilakukan pada kesalahan pemotongan material dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11** Pengendalian Kesalahan Pemotongan Material

Aspek	Rekomendasi Pengendalian
Man	Membaca <i>Shop Drawing</i> sebelum memulai pekerjaan Mengecek kesesuaian dimensi material setelah pemotongan
Management	Melakukan manajemen pengawasan pekerjaan pemotongan material Meningkatkan koordinasi antara staff dan pekerja Memastikan kompetensi/keahlian para pekerja
Peralatan	Memastikan kelayakan peralatan sebelum digunakan

Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk pengendalian kesalahan pembacaan *Shop Drawing* dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12** Pengendalian Kesalahan Pembacaan *Shop Drawing*

Aspek	Rekomendasi Pengendalian
Man	Membaca <i>Shop Drawing</i> secara berkala Memastikan kelengkapan dan kejelasan informasi <i>Shop Drawing</i>
Management	Melakukan manajemen pengawasan kepada pekerja di lapangan Meningkatkan koordinasi antara staff dan pekerja

Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk pengendalian kurangnya pengukuran produktivitas alat dapat dilihat pada Tabel 13.

Rekomendasi pengendalian yang dapat dilakukan pada penggunaan alat kurang tepat dapat dilihat pada Tabel 14.

Rekomendasi pengendalian yang dapat dilakukan pada kurangnya koordinasi dapat dilihat pada Tabel 15.

**Tabel 13** Pengendalian Kurangnya Pengukuran Produktivitas Alat

Aspek	Rekomendasi Pengendalian
Man	Melakukan pengukuran produktivitas alat berat sebelum digunakan
Management	Berkoordinasi secara berkala
	Melakukan kontrol terhadap kelayakan peralatan secara berkala
	Melakukan perawatan alat dengan tepat untuk meningkatkan produktivitas

**Tabel 14** Pengendalian Penggunaan Alat Kurang Tepat

Aspek	Rekomendasi Pengendalian
Man	Memahami SOP peralatan konstruksi sebelum mengoperasikan
Management	Melakukan pelatihan kepada pekerja dalam menggunakan peralatan konstruksi secara tepat
	Mengecek kemampuan operator alat berat
	Memastikan kondisi peralatan sebelum digunakan

**Tabel 15** Pengendalian Kurangnya Koordinasi

Aspek	Rekomendasi Pengendalian
Man	Menciptakan hubungan kerjasama yang baik antar pihak (pekerja, kontraktor, <i>owner</i> , dan <i>supplier</i> )
Management	Membuat jadwal rapat tiap minggu

Rekomendasi pengendalian yang dapat dilakukan pada kurangnya pengawasan dapat dilihat pada Tabel 16

**Tabel 16** Pengendalian Kurangnya Pengawasan

Aspek	Rekomendasi Pengendalian
Man	Melakukan kontrol/pengawasan secara berkala terkait kondisi material
	Berkoordinasi membuat jadwal pengawasan material
Management	Memperkuat sistem manajemen pengawasan
Logistik	Pengecekan spesifikasi dan kualitas material yang datang
	Memastikan kelayakan tempat penyimpanan material
Supplier	Berkoordinasi dengan <i>supplier</i> untuk mengecek kembali kualitas material sebelum dikirim

Rekomendasi yang dapat dilakukan pada pengendalian cuaca buruk dapat dilihat pada Tabel 17.

**Tabel 17** Pengendalian Cuaca Buruk

Aspek	Rekomendasi Pengendalian
Man	Melakukan kontrol/pengawasan secara berkala terkait kondisi material saat terjadi cuaca buruk
	Menyiapkan penutup material saat terjadi hujan
Management	Melakukan manajemen pengawasan material
Logistik	Menyediakan tempat penyimpanan material yang layak
	Penyimpanan terpisah terhadap material yang rentan

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan nilai waste level tertinggi pada Besi Ulir D22 sebesar 7.59%, sedangkan waste level terendah pada Besi Ulir D10 sebesar 0.40%. Untuk waste cost tertinggi terdapat pada Besi Ulir D22 sebanyak Rp 533.908.298,14,-, sedangkan waste cost terendah pada Besi Ulir D8 sebanyak Rp 461.886,83,-. Faktor penyebab waste of material adalah kondisi material rusak, rework atau repair, kesalahan pemotongan material, kesalahan pembacaan shop drawing, kurangnya pengukuran produktivitas alat, penggunaan alat kurang tepat, kurangnya koordinasi, kurangnya manajemen pengawasan terkait kualitas material dan cuaca buruk.

Rekomendasi tindakan pengendalian waste of material adalah pengawasan kualitas material, memperkuat manajemen pengawasan, memastikan kelayakan tempat penyimpanan material, berkoordinasi antar pihak, membaca shop drawing sebelum memulai pekerjaan, bekerja sesuai SOP, memastikan keahlian pekerja, mengecek ketepatan metode pelaksanaan, memastikan

kelayakan peralatan, mengukur produktivitas alat, melakukan perawatan alat dengan tepat, melakukan pelatihan kepada pekerja, menciptakan hubungan kerjasama yang baik antar pihak, membuat jadwal rapat tiap minggu, menyiapkan penutup material saat terjadi hujan, dan penyimpanan terpisah terhadap material yang rentan.

### Acknowledgment (Pilihan)

-

### Daftar Pustaka

- [1] Hutagol, C. (2018). Evaluasi Waste dan Penerapan Lean Project Management Pada Proyek Konstruksi Gedung (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Sekolah Madrasah Aliyah Persiapan negeri 4 Medan). Sumatera Utara: Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- [2] Kusuma, D. P. (2019). Implementasi Lean Construction Untuk meminimalkan Waste pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Kejaksaan Tinggi Riau). Pekanbaru: Universitas Islam Riau.
- [3] Maitimu, N. E., & Pattiapon, M. L. (2018). Penerapan Lean Construction pada Proyek PT. Pesona Graha Mandiri Ambon Guna Mereduksi Non Added Value Activity. Archipelago Engineering (pp. 168-175). Ambon: Fakultas Teknik Universitas Pattimura.
- [4] Beatrix, M., Rochmah, N., Sarya, G., & Dwijayanto, P. (2020). Faktor Penanggulangan Terjadinya Waste pada Proyek Konstruksi di Surabaya. Jurnal Extrapolasi , 17 (2), 1-10.
- [5] Lestari, P. O., Uda, S. A., & Nuswantoro, W. (2022). Identifikasi Penanganan Waste Material Berdasarkan Pandangan Kontraktor dan Konsultan di Kota Palangka Raya. Jurnal Serambi Engineering , 7 (3), 3271-3277.
- [6] Rahayu, A. A. (2018). Proses Assessibility and Ducting Utilities dengan Pendekatan Lean Consruction. Industry Xplore , 3 (01), 1-12.
- [7] 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). Fakultas Teknik Universitas Brawijaya , 1-9.
- [8] Bhaskara, A., Ginting, A. A., & Masagela, A. M. (2022). Penerapan Konstruksi Ramping Terhadap Waste Pada Ruang Lingkup Manajemen Proyek (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Auditorium di Yogyakarta). Semesta Teknika , 25 (1), 80-88.
- [9] Elizar. (2012). Kajian Faktor-faktor Penyebab Waste Konstruksi Pada Pelaksanaan Pembangunan Gedung. Media Teknik Sipil , 12 (1), 41-46.
- [10] Julisa, Mulyani, E., & Nuh, S. M. (2019). Identifikasi dan Evaluasi Lean Construction Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Jalan Kakap-Punggur. Jurnal JeLAST , 6 (1), 232-238.
- [11] Mudzakir, A. C., Setiawan, A., Wibowo, M. A., & Khasani, R. R. (2017). Evaluasi Waste dan Implementasi Lean Construction (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Serbaguna Taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang). Jurnal Karya Teknik Sipil , 6 (2), 145-148.
- [11] Perdana, A. S., Indrayadi, M., & Pratiwi, R. (2018). Identifikasi Consruction Material Waste pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi kasus Rumah Jabat Rektor UNTAN Pontianak). Jurnal JeLAST , 5 (2), 1-9.
- [12] Rahayu, A. A. (2018). Proses Assessibility and Ducting Utilities dengan Pendekatan Lean Consruction. Industry Xplore , 3 (01), 1-12.