

SKRIPSI
ANALISIS *WASTE MATERIAL* PADA PROYEK KONTRUKSI
MELALUI PENDEKATAN *FAULT TREE ANALYSIS*
(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hilton Garden Inn
Extension Nusa Dua, Badung, Bali)



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

I WAYAN YOGI ANDIKA PRATAMA
2115124135

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI
2025

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI**

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali-80364
Telp. (0361) 701981 | Fax. 701128 | Laman. <https://www.pnb.ac.id> | Email. poltek@pnb.ac.id

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing 1 Skripsi Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi Politeknik Negeri Bali menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : I Wayan Yogi Andika Pratama
NIM : 2115124135
Program Studi : Manajemen Proyek Konstruksi
Judul Skripsi : ANALISIS WASTE MATERIAL PADA PROYEK KONTRUKSI
MELALUI PENDEKATAN FAULT TREE ANALYSIS (Studi Kasus :
Proyek Pembangunan Hilton Garden Inn Extansion Nusa Dua, Badung,
Bali)

Telah diperiksa ulang dan dinyatakan selesai serta dapat diajukan dalam ujian Skripsi Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali.

Bukit Jimbaran, 04 Agustus 2025
Dosen Pembimbing 1



Ni Putu Indah Yuliana, S.S.T.Spl.,M.T
NIP. 199307312019032020

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI**

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali-80364
Telp. (0361) 701981 | Fax. 701128 | Laman. <https://www.pnb.ac.id> | Email. poltek@pnb.ac.id

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing 2 Skripsi Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi Politeknik Negeri Bali menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : I Wayan Yogi Andika Pratama
NIM : 2115124135
Program Studi : Manajemen Proyek Konstruksi
Judul Skripsi : ANALISIS WASTE MATERIAL PADA PROYEK KONTRUKSI
MELALUI PENDEKATAN FAULT TREE ANALYSIS (Studi Kasus :
Proyek Pembangunan Hilton Garden Inn Extansion Nusa Dua, Badung,
Bali)

Telah diperiksa ulang dan dinyatakan selesai serta dapat diajukan dalam ujian Skripsi Program Studi Manajemen Proyek Konstruksi, Politeknik Negeri Bali.

Bukit Jimbaran, 04 Agustus 2025

Dosen Pembimbing 2



Anak Agung Putri Indrayanti, ST,MT
NIP. 197604022008122001



POLITEKNIK NEGERI BALI

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

Telp. (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128

Laman: www.pnb.ac.id Email: poltek@pnb.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS *WASTE MATERIAL* PADA PROYEK KONTRUKSI MELALUI
PENDEKATAN *FAULT TREE ANALYSIS***

**(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hilton Garden Inn Extension Nusa
Dua, Badung, Bali)**

Oleh:

I Wayan Yogi Andika Pratama

2115124135

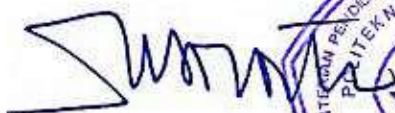
**Laporan ini Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Pendidikan Sarjana Terapan Manajemen Proyek Konstruksi Pada
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali**

Disetujui oleh :

Bukit Jimbaran, 1 September 2025

Ketua Jurusan Teknik Sipil,

Ketua Program Studi S.Tr - MPK,


Ir. I Nyoman Suardika, MT
NIP. 196510261994031001





Dr. Ir. Putu Hermawati, MT
NIP. 196604231995122001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : I Wayan Yogi Andika Pratama
NIM : 2115124135
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / Sarjana Terapan Manajemen Proyek
Konstruksi
Tahun Akademik : 2024/2025
Judul : Analisis Waste Material Pada Proyek Kontruksi
Melalui Pendekatan Fault Tree Analysis (Studi
Kasus : Proyek Pembangunan Hilton Garden Inn
Extension)

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul di atas, benar merupakan hasil karya **Asli/Original**.

Demikianlah keterangan ini saya buat dan apabila ada kesalahan dikemudian hari, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan

Bukit Jimbaran, 02 Agustus 2025



I Wayan Yogi Andika Pratama

ANALISIS WASTE MATERIAL PADA PROYEK KONTRUKSI MELALUI PENDEKATAN FAULT TREE ANALYSIS

**(Studi kasus : Proyek Pembangunan Hotel Hilton Garden Inn
Extension Nusa Dua, Badung , Bali)**

Ni Putu Indah Yuliana S.ST.Spl.,M.T., Anak Agung Putri Indrayanti, S.T.,M.T.,
I Wayan Yogi Andika Pratama

Jurusan Teknik Sipil, D4 Manajemen Proyek Kontruksi Politeknik Negeri Bali,
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kab. Badung, Bali. 80221

Email: Yogiandikapratama88@gmail.com

Abstrak

Waste material merupakan salah satu permasalahan krusial yang dihadapi dalam pelaksanaan Proyek Pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension di Nusa Dua, Badung, Bali. Pada objek studi dalam penelitian ini ditemukan sejumlah jenis material yang terbuang selama pelaksanaan pekerjaan struktur. Oleh karena itu, diperlukan analisis mendalam untuk mengetahui jenis material dominan menghasilkan sisa, faktor penyebab dan upaya penanganan *waste material*. Penelitian ini mengidentifikasi jenis material dominan dilakukan dengan metode diagram pareto, yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan *waste level*, *waste cost*, dan *waste index* guna mengevaluasi efisiensi penggunaan material. Selanjutnya, analisis *Fault Tree Analysis* digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama terjadinya *waste material* berdasarkan kejadian dasar (*basic event*). Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa material dominan yang menghasilkan *waste* meliputi beton ready mix F'c 25 Mpa, besi d10, besi d16, dan besi d13. Dengan pendekatan *Fault Tree Analysis*, penyebab utama waste material berasal dari faktor manusia, faktor desain, faktor pelaksanaan, faktor manajemen, dan faktor external. Penelitian ini merekomendasikan strategi penanganan berupa peningkatan pengawasan, pelatihan tenaga kerja, serta penerapan metode kerja yang lebih efisien.

**WASTE MATERIAL ANALYSIS IN CONSTRUCTION PROJECT
THROUGH THE FAULT TREE ANALYSIS APPROACH
(Case Study: Hilton Garden Inn Extension Project, Nusa Dua,
Badung, Bali)**

Ni Putu Indah Yuliana S.ST.Spl.,M.T., Anak Agung Putri Indrayanti, S.T.,M.T.,
I Wayan Yogi Andika Pratama

Civil Engineering Department, Diploma 4 Construction Project
Management Bali State Polytechnic, Bukit Jimbaran Campus Road, South Kuta,
Badung Regency, Bali. 80221

Email: Yogiandikapratama88@gmail.com

Abstract

Waste material is one of the critical issues encountered during the implementation of the Hilton Garden Inn Extension Construction Project in Nusa Dua, Badung, Bali. This research, which focuses on the project as a case study, found several types of materials being discarded during structural work execution. An in-depth analysis was therefore conducted to identify the dominant waste materials, their contributing factors, and appropriate handling strategies. The identification of dominant materials was carried out using the Pareto diagram method, followed by calculations of waste level, waste cost, and waste index to evaluate material usage efficiency. Fault Tree Analysis was then applied to determine the root causes of material waste based on basic events. The analysis revealed that the primary waste materials include ready-mix concrete with a compressive strength of $F'c$ 25 MPa, and reinforcement steels D10, D16, and D13. The Fault Tree Analysis results showed that the main causes of waste stem from human factors, design issues, execution errors, management deficiencies, and external influences. Accordingly, the study recommends mitigation strategies including improved supervision, workforce training, and the application of more efficient working methods.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Manajemen Proyek Kontruksi.....	5
2.2. Material Kontruksi	6
2.3. Manajemen Material.....	8
2.3.1. Perencanaan Material.....	8
2.3.2. Pengadaan Material.....	9
2.3.3. Penggunaan Material	10
2.3.4. Persediaan Material.....	11
2.3.5. Pengendalian Material	11
2.4. <i>Waste Material</i>	12
2.5. Penyebab Waste Material	13
2.6. Penanganan Waste Material.....	15
2.7. Analisis Waste Material	17
2.7.1. Analisis Diagram Pareto	17
2.7.2. <i>Waste Level</i>	19
2.7.3. <i>Waste Cost</i>	19
2.7.4. <i>Waste Index</i>	19
2.7.5. Analisis <i>Fault Tree Analysis</i>	20
2.8. Penelitian Sebelumnya	24

BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1. Rancangan Penelitian	27
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	27
3.2.1. Lokasi Penelitian.....	27
3.2.2. Waktu Penelitian	29
3.3. Penentuan Sumber Data	29
3.3.1. Data Primer	29
3.3.2. Data Sekunder.....	30
3.4. Pengumpulan Data	30
3.4.1. Data Primer	30
3.4.2. Data Sekunder.....	31
3.5. Instrumen Penelitian.....	31
3.6. Analisis Data.....	31
3.7. Bagan Alir Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. Gambaran Umum Proyek.....	35
4.2. Ruang Lingkup Proyek.....	36
4.3. Identifikasi Material Kontruksi	37
4.4. Pengadaan Material	37
4.4.1. Kuantitas Pengadaan Material	39
4.5. Analisis Sisa Material (<i>Waste Material</i>).....	40
4.5.1. Material Terpasang.....	41
4.5.2. Perhitungan Sisa Material (<i>Waste Material</i>) dan <i>Breakdown</i> Material	43
4.5.3. Perhitungan Biaya Sisa Material (<i>Waste</i>)	44
4.5.4. Diagram Pareto Sisa Material (<i>Waste</i>).....	45
4.5.5. <i>Waste Level</i> Sisa Material Dominan	47
4.5.6. <i>Waste Cost</i> Sisa Material Dominan.....	49
4.5.7. <i>Waste Index</i>	52
4.6. Faktor Penyebab Sisa Material.....	53
4.6.1. <i>Fault Tree Analysis</i>	53
4.6.2. Upaya Penanganan <i>Waste Material</i>	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1. Kesimpulan.....	61

5.2. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN - LAMPIRAN.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Triple Constraint Proyek Kontruksi	5
Gambar 2. 2 Prosedur Manajemen Pengadaan Material	10
Gambar 2. 3 Contoh Diagram Pareto	18
Gambar 2. 4 Contoh Fault Tree Analysis	22
Gambar 2. 5 Contoh Fault Tree Analysis	23
Gambar 2. 6 Contoh Fault Tree Analysis	23
Gambar 3. 1 Peta Kabupaten Badung, Bali.....	28
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian	28
Gambar 3. 3 Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 4. 1 Denah Titik Pilecap	41
Gambar 4. 2 Detail Pilecap 4	42
Gambar 4. 3 Diagram Pareto Waste Material	46
Gambar 4. 4 Grafik Histogram Waste Level.....	48
Gambar 4. 5 Perbandingan Nilai Total Waste Cost dengan Nilai Total Proyek....	51
Gambar 4. 6 Fault Tree Analysis Material Dominan	56
Gambar 4. 7 Fault Tree Analysis Material Dominan	57
Gambar 4. 8 Fault Tree Analysis Material Dominan	57
Gambar 4. 9 Fault Tree Analysis Material Dominan	58
Gambar 4. 10 Fault Tree Analysis Material Dominan	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sumber dan Penyebab Waste Material	14
Tabel 2. 2 Klasifikasi Tingkatan Waste Index Material	20
Tabel 2. 3 Tabel Simbol Fault Tree Analysis	21
Tabel 2. 4 Penelitian Sebelumnya	24
Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	29
Tabel 4. 1 Alur Pengadaan Material	37
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Kuantitas Pengadaan Material.....	40
Tabel 4. 3 Kuantitas Material Terpasang Pekerjaan Pilecap 4	42
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Kuantitas Terpasang	43
Tabel 4. 5 Kuantitas Material Terpasang.....	44
Tabel 4. 6 Perhitungan Biaya Sisa Material (waste)	44
Tabel 4. 7 Perhitungan Sisa Material (waste).....	45
Tabel 4. 8 Perengkingan dan mencari bobot sisa material komulatif	46
Tabel 4. 9 Waste Material Dominan	47
Tabel 4. 10 Perhitungan Waste Level Sisa Material Dominan.....	48
Tabel 4. 11 Perhitungan Waste Cost Sisa Material Dominan.....	50
Tabel 4. 12 Perhitungan Waste Cost terhadap Total Nilai Proyek	50
Tabel 4. 13 Intermediate Event dan Basic Event	55

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Lembar Asistensi
- Lampiran 2 : Lembar Daftar Pertanyaan
- Lampiran 3 : As Built Drawing
- Lampiran 4 : Rencana Anggaran Biaya
- Lampiran 5 : Data Logistik Proyek
- Lampiran 6 : Perhitungan Waste Material Dominan
- Lampiran 7 : Hasil Kuesioner Penyebab dan Upaya Penanganan Waste Material dan Keaslian Kuesioner

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Proyek konstruksi adalah serangkaian kegiatan yang dilaksanakan sekali saja dan biasanya berdurasi singkat. Dalam rangkaian kegiatan ini, terdapat proses pengolahan sumber daya proyek menjadi hasil akhir berupa bangunan. Proses tersebut melibatkan berbagai pihak, baik yang terlibat langsung maupun tidak langsung [1]. Proyek konstruksi juga merupakan salah satu sektor yang sangat berkontribusi terhadap pembangunan infrastruktur suatu negara. Hal ini dapat dilihat dalam kurun waktu 10 tahun, sektor konstruksi telah menunjukkan bahwa peningkatan dalam sektor ini sangat signifikan yang ditunjukkan dengan banyaknya proyek pembangunan gedung bertingkat serta proyek infrastruktur yang dibangun pada setiap daerah [2].

Kabupaten Badung sebagai salah satu daerah terkenal dengan destinasi wisata pun tidak ketinggalan dalam pembangunan infrastruktur. Seperti hotel, villa, mall, shortcut, sekolah bertingkat, jalan raya, rumah sakit, dan lain-lain. Namun, dibalik kontribusi positif tersebut terdapat masalah yang cukup serius yaitu *waste material* yang dihasilkan selama proses konstruksi. Proses ini sangat memberikan dampak negatif kepada lingkungan sekitar. *Waste material* ini juga tidak hanya membawa dampak negative ke lingkungan, tetapi juga berpengaruh terhadap biaya dan waktu penyelesaian proyek konstruksi. Hampir 40%-60% biaya proyek terserap oleh material yang digunakan dalam artian bahwa pemakaian material ini memegang peran penting dalam penyelesaian dan efektivitas suatu proyek konstruksi [3].

Pada pelaksanaan konstruksi, banyak faktor yang dapat menghasilkan *waste material* baik itu berbentuk fisik ataupun nonfisik. Faktor-faktor ini dapat berhubungan dengan *desain*, pengawasan, pekerja proyek, pengadaan proyek, perusakan dari orang luar proyek, dan faktor cuaca yang juga menentukan berjalannya pelaksanaan konstruksi [4]. *Waste material* juga dapat dilihat berdasarkan *waste level* dan *waste cost* yang dihasilkan. *Waste level* digunakan untuk mengetahui volume *waste* dari masing masing item material, sedangkan

waste cost merupakan suatu perhitungan pengolahan *waste* yang dilakukan guna menghemat pengeluaran dan mengurangi *waste* yang dihasilkan melalui proses konstruksi [5].

Dalam konteks keberlanjutan, pengelolaan *waste material* pada proyek konstruksi menjadi aspek penting yang harus diperhatikan. Pengendalian limbah konstruksi sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan yang mengintegrasikan aspek teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan. Upaya ini bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek.

Proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension oleh PT. Tatamulia Nusantara Indah merupakan salah satu contoh proyek konstruksi yang menghadapi tantangan serius terkait *waste material*. Berbagai jenis limbah seperti beton siap pakai (*ready mix*), besi tulangan, kawat beton, kayu, plywood, dan lainnya ditemukan dalam jumlah yang cukup signifikan. Meskipun perusahaan telah menerapkan konsep pengendalian limbah melalui pendekatan 3R (Reduce, Reuse, Recycle) serta *salvage*, pada praktiknya tidak semua metode dapat diaplikasikan secara optimal, mengingat setiap proyek memiliki karakteristik dan tantangan tersendiri.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi jenis sisa material yang paling dominan serta menganalisis faktor penyebab terjadinya *waste material* dalam proyek ini. Penelitian ini juga bertujuan untuk merancang alternatif pengendalian yang sesuai dengan kondisi proyek menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam penerapan manajemen limbah konstruksi yang lebih efektif dan berkelanjutan, serta berkontribusi dalam meningkatkan kinerja proyek secara menyeluruh, baik dari segi teknis, ekonomi, sosial, maupun lingkungan. Selain itu penelitian ini juga penting sebagai kontribusi dalam upaya perbaikan sistem manajemen proyek, serta sebagai bagian dari komitmen dunia konstruksi terhadap pencapaian tujuan pembangunan keberlanjutan khususnya dalam hal pengelolaan limbah, efisiensi sumber daya, dan perlindungan lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Apa saja jenis *waste material* yang dominan terjadi pada proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension ?
2. Berapakah tingkat *waste level*, *waste cost*, dan *waste index* pada *waste material* dominan proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension?
3. Faktor apa saja yang menjadi penyebab timbulnya *waste material* berdasarkan pendekatan *Fault Tree Analysis* pada proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension?
4. Bagaimana upaya penanganan *waste material* pada proyek pembangunan Hotel Garden Inn Extension?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi jenis *waste material* yang paling dominan pada proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension.
2. Mengetahui tingkat *waste level*, *waste cost*, dan *waste index* pada *waste material* dominan proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension.
3. Menganalisis faktor-faktor penyebab timbulnya *waste material* dengan pendekatan *Fault Tree Analysis* pada proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension.
4. Menganalisis upaya penanganan *waste material* pada proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak, adapun manfaat penelitian ini yaitu:

- a) Manfaat bagi penulis

1. Memperluas pemahaman mengenai faktor-faktor yang menyebabkan timbulnya sisa material pada proyek konstruksi
 2. Mengidentifikasi alternatif pengendalian yang dapat diterapkan untuk mengurangi jenis sisa material yang paling dominan dalam proyek konstruksi
- b) Manfaat bagi institusi
- Sebagai bahan masukan bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi penelitian selanjutnya
- c) Manfaat bagi penyedia jasa
1. Membantu kontraktor dan manajemen proyek dalam mengoptimalkan penggunaan material sehingga dapat mengurangi jumlah *waste*.
 2. Memaksimalkan profitabilitas proyek sehingga proyek bisa lebih hemat biaya.
 3. Mendukung terciptanya praktik konstruksi yang lebih ramah lingkungan dengan mengurangi limbah.

1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut :

1. Item pekerjaan yang dianalisis yaitu pekerjaan struktur beton bertulang pada proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension Nusa Dua, Badung, Bali.
2. Material yang digunakan oleh subkontraktor tidak dianalisis, karena keterbatasan data mengenai pengadaan dan sisa material dari pekerjaan mereka, seperti pada pekerjaan bored pile dan struktur rangka baja.
3. Material yang berkaitan dengan pekerjaan di luar lingkup sipil juga tidak dianalisis. Contohnya adalah pekerjaan MEP
4. Sisa material dominan diperoleh melalui metode diagram pareto
5. Faktor penyebab *waste material* dominan ditentukan dengan *Fault Tree Analysis* (FTA).
6. Sampel penelitian hanya *consumable material* pada proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension Nusa Dua, Badung, Bali

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension, maka dapat disimpulkan :

1. *Waste material* yang dominan terjadi pada proyek Pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension adalah beton ready mix f'c 25 Mpa (27,37%), besi D10 (20,52%) , besi D13 (16,30%), dan besi D16 (11,61%).
2. Tingkat *waste level*, *waste cost* dan *waste index* pada waste material dominan proyek pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension adalah sebagai berikut:
 - a) *Waste level* besi d16 sebesar 11,46 %, besi d13 sebesar 8,05%, besi d10 sebesar 5,36%, dan beton ready mix f'c 25 Mpa sebesar 2,66%.
 - b) *Waste cost* beton ready mix f'c 25 Mpa sebesar Rp 27.723.391, besi d10 sebesar Rp 21.325.813, besi d16 sebesar Rp 17.919.632, dan besi d13 sebesar Rp 12.376.212.
 - c) *Waste index* pada proyek Pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension sebesar 0,098 m³/m² yang termasuk ke klasifikasi waste index yang tinggi dengan rentan lebih besar dari 0,02 m³/m².

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa meskipun waste level tertinggi terjadi pada besi D16, namun waste cost terbesar justru berasal dari beton ready mix f'c 25 MPa, yang menunjukkan bahwa nilai harga material menjadi faktor penting dalam dampak ekonomi limbah, tidak hanya jumlahnya. Artinya, material dengan waste level rendah pun tetap berdampak besar secara finansial bila harganya tinggi. Secara umum, tingginya waste pada material utama seperti besi dan beton dapat berdampak langsung pada penurunan profit margin proyek, mengingat porsi material menyumbang sekitar 40–60% dari total biaya konstruksi.

3. Faktor – faktor yang menyebabkan terjadinya *waste material* pada proyek Pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension adalah :
 - a) Faktor Manusia
 - b) Faktor Desain
 - c) Faktor Pelaksanaan Proyek
 - d) Faktor Manajemen
 - e) Faktor External
4. Upaya penanganan yang dapat dilakukan untuk meminimalkan *waste material* pada proyek Pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension dengan meningkatkan komunikasi antar tim melalui briefing rutin dan pemberian instruksi tertulis yang jelas, melakukan pelatihan keterampilan kerja secara berkala dan menempatkan pekerja sesuai dengan bidang keahliannya, menerapkan sistem pengawasan ketat dan pemberian tanggung jawab kerja yang spesifik, melakukan koordinasi intensif antar tim desain dan pelaksana untuk klarifikasi gambar dan dokumen kerja, menyusun desain final yang matang sejak awal dan menghindari perubahan selama pelaksanaan kecuali sangat diperlukan, menyederhanakan proses perencanaan dan melakukan simulasi pelaksanaan untuk menguji efektivitas rencana, mengadakan rapat koordinasi teknis secara rutin dan menyediakan dokumentasi yang rinci, menggunakan alat ukur digital dan melibatkan tenaga surveyor profesional dalam kegiatan pengukuran, melakukan perencanaan kebutuhan material secara akurat, menyediakan tempat penyimpanan sesuai standar, melakukan survei lokasi terlebih dahulu dan mengantisipasi kondisi medan dengan penyesuaian metode kerja, serta menyusun jadwal kerja dengan mempertimbangkan musim hujan atau panas, serta menyediakan pelindung material dari cuaca ekstrem.

5.2. Saran

Adapun beberapa saran dalam penelitian ini mengenai sisa material pada Proyek Pembangunan Hotel Hilton Garden Inn Extension antara lain:

1. Sisa material dalam proyek konstruksi merupakan salah satu hal yang sulit dihindari selama pelaksanaan, namun jumlahnya dapat ditekan apabila faktor-

faktor penyebabnya dapat diatasi dengan tepat, dimulai dengan mengidentifikasi terlebih dahulu jenis material yang berpotensi menimbulkan sisa.

2. Perlu dilakukan optimalisasi perencanaan dan penggunaan material bernilai tinggi, terutama beton ready mix dan besi, untuk menjaga efisiensi biaya dan menjaga margin keuntungan proyek, dan disarankan untuk melakukan analisis cost-benefit terhadap sisa material, apakah dapat dimanfaatkan kembali (reuse) atau dijual (*salvage*) guna menekan kerugian akibat waste.
3. Kontraktor disarankan untuk memberikan pelatihan atau sosialisasi kepada para pekerja sebelum pekerjaan dimulai, agar keterampilan dan kemampuan mereka meningkat, sehingga dapat mengurangi potensi terjadinya sisa material. Selain itu kontraktor disarankan membuat program penyimpanan material yang baik dan memanfaatkan pendekatan *Just-in-Time* (JIT) dalam pengadaan material agar meminimalkan overstock dan kerusakan akibat penyimpanan yang terlalu lama.
4. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mencakup lebih banyak ruang lingkup pekerjaan agar hasil yang diperoleh lebih komprehensif, serta disarankan untuk mempertimbangkan *top event* dan membedakan penyebab setiap waste material tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. I. Ervianto, “Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Ketiga,” *Manaj. Proy. Konstr. Revisi*, p. Edisi Revisi, Andi, Yogyakarta, 2006.
- [2] M. A. Kristianto, E. P. Ajie, H. Hermawan, and B. Setiyadi, “Analisis Waste Material Konstruksi Pada Pekerjaan Struktur Atas Beton Bertulang Bangunan Tingkat Tinggi,” *J. Tek. Sipil*, vol. 15, no. 3, pp. 143–149, 2020, doi: 10.24002/jts.v15i3.3727.
- [3] R. H. Saputra, “Analisis Pengaruh Penerapan Lean Construction Pada Waste Material Terhadap Kinerja Proyek Konstruksi,” *J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 1, pp. 45–52, 2023, doi: 10.36546/tekniksipil.v13i1.964.
- [4] Dwi Putra Ardiansyah Kusuma, “Implementasi Lean Construction Untuk,” 2019.
- [5] A. G. N. R. Diva, I. I. W. Sudiasa, and I. N. Ramia, “Analisis Waste Material Proyek Berbasis Metode Pareto dan Fault Tree Analysis,” *Repos. Politek. Negeri Bali*, pp. 1–7, 2022.
- [6] N. I. Made and P. Lestari, “Oleh: ni made puspa lestari dewi 1715124045,” 2021.
- [7] R. I. G. Allo and A. Bhaskara, “Waste Material Analisis With the Implementation of Lean Construction,” *J. Tek. Sipil*, vol. 18, no. 2, pp. 343–355, 2022, doi: 10.28932/jts.v18i2.4494.
- [8] N. A. Aulia, “Analisis Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Metode Pareto Dan Fishbone Diagram (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang),” *Occup. Med. (Chic. Ill)*, vol. 53, no. 4, p. 130, 2016.
- [9] I. Limbong, J. Tjakra, H. Tarore, and D. R. O. Walangitan, “Manajemen Pengadaan Material Bangunan dengan Menggunakan Metode MRP (Material Requirement Planning),” *J. Sipil Statik*, vol. 1, no. 6, pp. 421–429, 2013.
- [10] M. Natalia, Y. Partawijaya, and Z. Mirani, “Analisa Faktor Resiko Construction Waste pada Proyek Konstruksi di Kota Padang,” *J. Ilm. Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 2, pp. 39–45, 2017, doi: 10.30630/jirs.14.2.105.
- [11] I. G. P. A. S. Putra, G. A. P. C. Damayanti, and A. A. D. P. Dewi, “Penanganan Waste Material Pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat,” *J. Spektran*, vol. 6, no. 2, pp. 176–185, 2018.
- [12] B. F. Putra, “Analisis Faktor Penyebab Dan Mitigasi Waste Pada Proyek Konstruksi Gedung Di Kota Surabaya,” *Tesis*, pp. 1–131, 2018.