

IDENTIFIKASI WASTE DENGAN MENERAPKAN METODE BORDA DAN ROOT CAUSE ANALYSIS PADA PROYEK KONSTRUKSI

Veren Nurlin Nabilah¹, Setiono² dan Ary Setyawan³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Email: vnurlin@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Email: Setiono@ft.uns.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Email: arysetyawan@staff.uns.ac.id

ABSTRACT

One of the factors contributing to Indonesia's high annual construction activity is the building of high-rise structures. However, every building project can potentially create several issues that lead to waste. Lean construction which aims to reduce waste and increase value, was therefore used. Waste is any type of loss from an activity that produces expenses either directly or indirectly but does not result in a product's value or benefits. The purpose of this study is to determine the most common types of garbage and examine the factors that contribute to it. This research will include a review to identify the variables that contribute to waste and factors that cause it, as well as a root cause analysis using the 5-why's method. According to the computation's findings, the most common waste variables and their causing factors were 179 points for defects and careless supervision, 155 points for overprocessing and a factor for misunderstandings brought on by design modifications, and 145 points for overproduction and factor related to a lack of control material production. Defects are the main cause of waste because they prevent cost overruns, overprocessing because of a lack of resources for creating new design drawings, and overproduction because the planning and production implementation teams in the field do not coordinate.

Keywords: *The 5- Why's Method, Borda Method, Lean Construction, Root Cause Analysis, Waste.*

ABSTRAK

Pembangunan gedung-gedung bertingkat di Indonesia merupakan salah satu penyumbang tingginya kegiatan konstruksi setiap tahunnya. Namun, di setiap pembangunan konstruksi dapat menimbulkan beberapa masalah yang menyebabkan pemborosan akibat waste. Maka, diterapkan *lean construction*, yang berprinsip untuk mengeliminasi waste dan menambah *value*. Waste merupakan semua macam kehilangan dari sebuah aktivitas yang secara langsung maupun tidak langsung menghasilkan biaya, tetapi tidak menghasilkan nilai atau manfaat suatu produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi waste yang paling sering terjadi serta menganalisis faktor penyebab waste. Penelitian ini akan berisi tinjauan untuk menentukan variabel waste yang terjadi di Proyek dengan metode wawancara, observasi, serta penyebaran kuesioner. Kemudian, diolah menggunakan metode Borda untuk menentukan peringkat dari variabel-variabel waste serta faktor-faktor yang terjadi serta *root cause analysis* 5-Why's untuk menganalisis akar penyebab waste. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa variabel waste yang paling sering terjadi serta faktor penyebabnya yaitu *defect* dengan poin 179 dan faktor lalai dalam pengawasan, *overprocessing* dengan poin 155 dan faktor terjadinya miskomunikasi akibat perubahan desain, serta *overproduction* dengan poin 145 dan faktor kurangnya kontrol terhadap produksi material. Akar penyebab terjadinya waste paling sering terjadi tersebut adalah *defect* karena menghindari pembengkakan biaya, *overprocessing* karena kurangnya sumber daya dalam mengerjakan gambar desain yang baru, serta *overproduction* karena kurangnya koordinasi antara tim perencanaan dan tim pelaksana produksi di lapangan.

Kata kunci: *5-Why's, Lean Construction, Metode Borda, Root Cause Analysis, Waste.*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan gedung-gedung bertingkat di Indonesia merupakan salah satu penyumbang tingginya kegiatan konstruksi setiap tahunnya. Pada tahun 2024, berdasarkan data Badan Pusat Statistik Indonesia (2024), jumlah penduduk di Indonesia berjumlah 281.603.800 penduduk dengan laju pertumbuhan penduduk selama 5 tahun terakhir sebesar 1,11%. Oleh karena itu, negara ini terus meningkatkan sarana dan prasarana untuk memenuhi kebutuhannya. Namun, di setiap pembangunan konstruksi sering kali menimbulkan beberapa masalah dalam

pelaksanaannya. Beberapa permasalahan seperti terlambatnya proses pelaksanaan pembangunan, pembesaran pengeluaran biaya, kesalahan penanganan material tidak sesuai spesifikasi yang menyebabkan pemborosan akibat *waste*.

Permasalahan yang sering terjadi pada pelaksanaan pembangunan konstruksi ini disebabkan oleh *waste*, sehingga proyek pembangunan gedung dituntut membuat rencana lebih teliti yang bertujuan mengurangi *waste* agar tidak menghambat jalannya pekerjaan pembangunan tersebut. *Waste* merupakan semua macam kehilangan dari sebuah aktivitas yang secara langsung maupun tidak langsung menghasilkan biaya, tetapi tidak menghasilkan nilai atau manfaat suatu produk (Formoso, 1999; Alwi dkk., 2002). Maka dari itu, dibutuhkan solusi untuk mengatasi masalah tersebut agar mampu mengurangi pemborosan dan menghasilkan *value* semaksimal mungkin.

Beberapa solusi yang tepat dalam hal mengurangi dampak dari *waste*, yaitu dengan pengaplikasian upaya *lean construction*. Pengaplikasian *lean construction* pada proyek dapat mengurangi *waste*. Metode ini menerapkan prinsip mengelompokkan kegiatan mana yang menghasilkan nilai manfaat dan mana yang tidak. *Lean construction* merupakan sebuah metode untuk mendesain sistem produksi yang meminimalisasi pemborosan akibat *waste* dari penggunaan waktu, usaha, dan material dalam usaha meningkatkan nilai tambah dan meningkatkan efisiensi dan total nilai hasil (Koskela, 1992). Dalam hal mengoptimalkan kinerja produksi dan efektif di dalam proyek, kegiatan yang tidak menambah nilai manfaat (*value*) harus dieliminasi.

Proyek pembangunan Eka Hospital MT. Haryono Jakarta Selatan dengan kontraktor pelaksana PT Adhi Persada Gedung serta nilai kontrak mencapai 173 miliar. Pengerjaan pembangunan ini memerlukan waktu 17,25 bulan atau 517 hari. Dengan begitu, *lean construction* pada proyek ini dapat diterapkan untuk mengevaluasi *waste* yang kemungkinan terjadi, sehingga dapat diatasi lebih awal agar tidak membuat pengeluaran biaya menjadi besar dan keterlambatan pelaksanaan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan serta menganalisis variabel dan faktor *waste* serta akar permasalahan penyebab *waste* dengan menggunakan metode borda dan *root cause analysis* yang terjadi di dalam proyek ini sehingga bisa menjadi evaluasi dan dapat dicegah lebih awal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Waste

Waste didefinisikan sebagai kegiatan manusia yang menghabiskan berbagai sumber daya tanpa menghasilkan nilai apapun (Simonsson, *et al.*, (2012); Womack, *et al.*, (2003)). *Waste* merupakan contoh ketidakefisienan dan pemborosan yang diakibatkan dari material, sumber daya manusia, dan waktu (Mudzakir, dkk., 2017). Selain itu, menurut Al- Moghany (2006) mendefinisikan *waste* semua jenis kehilangan material, waktu, dan hasil dari suatu kegiatan yang tidak memiliki pengaruh dalam menambah manfaat produk hasil.

Waste yang dikembangkan terbagi menjadi 8 kategori, antara lain sebagai berikut: 1. *Overproduction* (produksi berlebihan), produksi dalam jumlah yang lebih besar dari yang diperlukan atau membuatnya lebih awal dari yang dibutuhkan. 2. *Defect* (produk cacat), hasil akhir produk tidak sesuai dengan spesifikasi kualitas dan menyebabkan pengerjaan ulang. 3. *Transportation* (proses transportasi yang tidak perlu), perpindahan atau pengangkutan yang tidak diperlukan dalam siklus produksi. 4. *Overprocessing* (proses yang tidak tepat dan tidak diperlukan), aktivitas produksi yang tidak menghasilkan nilai tambah pada produk, seperti pengerjaan ulang (*rework*). 5. *Inventory* (persediaan berlebih), persediaan material yang berlebihan atau tidak diperlukan. 6. *Waiting* (waktu menunggu), waktu menganggur yang disebabkan oleh kurangnya sinkronisasi dan ketidakseimbangan material serta perbedaan kecepatan kerja antar pekerja atau peralatan. 7. *Motion* (gerakan yang berlebih), segala gerakan yang tidak efisien dan tidak perlu yang dilakukan oleh pekerja selama melakukan pekerjaannya. 8. *Non-utilized talent* (tidak memaksimalkan bakat pekerja), hilangnya kemampuan yang tidak dimanfaatkan dari sumber daya manusia dalam suatu proses produksi (Lim, *et al.*, (2009); Fhadillah, *et al.*, (2020); Susanti & Susanti, (2021)). Dari mengidentifikasi setiap kategori *waste* tersebut, pihak kontraktor pelaksana akan lebih mudah mencari cara untuk mengurangi bahkan mencegah terjadinya *waste*.

Lean construction

Lean construction merupakan metode konstruksi ramping yang dapat digunakan untuk mendesai dan menghitung sistem produksi guna meningkatkan kinerja dan meminimalkan pemborosan (*waste*) dari segi biaya, waktu, serta material, sehingga hasil yang dicapai maksimal dengan biaya lebih efisien. Konsep *lean construction* merupakan hasil dari adaptasi dan dikembangkan berdasarkan sistem produksi *toyota production system* yang memiliki tujuan untuk sesuatu yang diinginkan konsumen dengan pemborosan yang diminimalkan pada bidang manufaktur (Womack *et al.*, 1996). Konsep ini kemudian diterapkan ke dalam dunia konstruksi. Koskela (1992) merupakan orang yang mempunyai ide dalam menerapkan konsep *lean construction* ke dunia konstruksi dan *International Group for Lean Constructuion* yang pertama kali mengemukakan istilah *lean construction*.

Metode *lean construction* berfokus pada optimalisasi pekerjaan proyek untuk mencapai hasil yang lebih akurat, serta mengurangi pengeluaran berlebih untuk material yang diadakan dalam jumlah besar tetapi tidak banyak dibutuhkan. Metode ini efektif dalam menekan pengeluaran anggaran yang berlebihan untuk alokasi yang dibutuhkan. Menerapkan asas-asas *lean construction* pada proses pelaksanaan merupakan salah satu upaya mendukung penerapan *lean construction*, diantaranya meliputi (Hines & Taylor, (2000); Gordon, (2019)): 1. *Specify value*, nilai penentu kinerja perusahaan yang mencakup keunggulan-keunggulan yang diberikan kepada dari berbagai aspek penilaian. 2. *Identify whole value stream*, identifikasi menyeluruh dari desain, pemesanan hingga pembuatan produk untuk mendeteksi pemborosan dan menambah nilai tambah atau manfaat. 3. *Flow*, penyusunan alur aktivitas yang efektif sehingga menghasilkan aktivitas yang efisien dan optimal tanpa adanya hambatan satu dengan lainnya. 4. *Pull system*, mengurangi adanya sumber daya berlebih yang belum tentu digunakan pada saat proses pengerjaan berlangsung dengan sistem produksi hanya saat mendapat permintaan dari klien. 5. *Perfection*, aktivitas memperbaiki setiap tahapan dengan terus-menerus menghilangkan *waste* hingga mencapai kesempurnaan.

Seiring dengan berjalannya waktu, industri konstruksi terus mengembangkan berbagai cara baru untuk melakukan hal-hal yang bersifat baru, Hal ini disebabkan oleh banyaknya masalah yang sering dihadapi dalam industri konstruksi, seperti pemborosan. Konstruksi rampin atau biasa dikenal *lean construction* merupakan pendekatan untuk optimalisasi proyek konstruksi (Coster, 2015). Ciri utama dari penerapan *lean construction* yaitu, adanya tujuan yang jelas, optimalisasi kinerja terhadap konsumen, dan peningkatan kinerja produksi dari tahap perencanaan hingga tahap pengantaran kepada konsumen. Dalam pelaksanaan *lean construction*, beberapa *tools* bisa digunakan dan dikembangkan untuk terus meningkatkan agar menghasilkan *value* dan *flow* yang baik dengan meminimalisasi *waste* secara maksimal, antara lain: *Last Planner System (LPS)*, *Incrases Visualization*, *Daily Huddle Meetings*, *First-run Studies*, *5S Process*, *Fail-safe for Quality and Safety*.

Metode borda

Metode borda merupakan metode yang dipakai dalam menyelesaikan pengambilan keputusan dengan cara menentukan peringkat berdasarkan dari beberapa alternatif pilihan yang ada (Shoumi, M. N. (2020); Hamka dkk, (2014)). Metode borda tidak mempertimbangkan pandangan subjektif dalam pengambilan keputusan, tetapi keputusan kelompok. Kesulitan dalam pemilihan suara dengan sistem *voting*, biasanya menerapkan metode borda. Konsep perhitungan metode borda ini dengan cara, pada setiap posisi peringkat alternatif yang dihasilkan oleh masing-masing pengambil keputusan nantinya akan diberikan poin. Tahapan dalam perhitungan ini diawali dengan memberikan poin pada setiap alternatif pilihan pertama dan seterusnya dengan n-1, hingga alternatif terakhir bernilai 0. Selanjutnya, dilakukan akumulasi poin yang dimiliki setiap alternatif untuk menentukan peringkat (Wang & Leung, 2004).

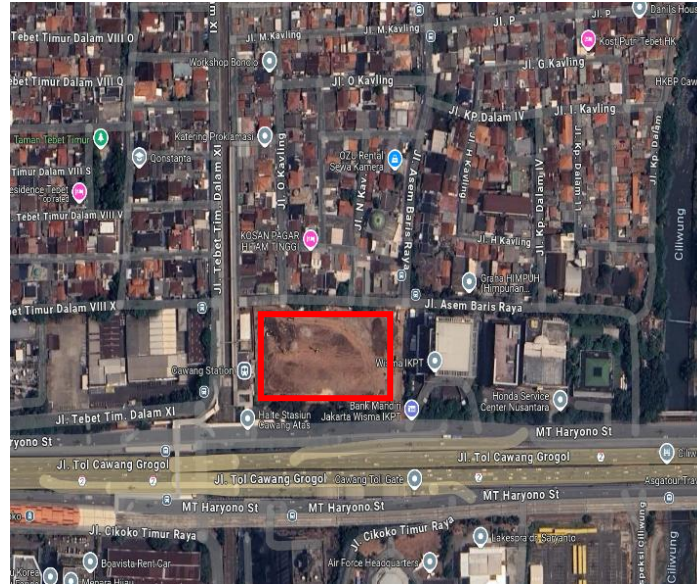
Root cause analysis dengan 5 Why's

Root cause analysis merupakan sebuah *tools* yang dibuat untuk menentukan akar penyebab suatu permasalahan atau kejadian yang tidak diharapkan. Penggunaan *root cause analysis* dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi segala proses. Hasil dari analisis akar permasalahan tersebut nantinya diharapkan untuk menyelesaikan masalah yang sudah teridentifikasi. Metode ini dapat menggunakan bantuan salah satu *tools*, yaitu 5 *Why's*. Metode 5 *Why's* merupakan sebanyak lima kali untuk mengetahui penyebab masalah. Dalam hal untuk menegaskan suatu alasan yang mendasari permasalahan, penanya disarankan untuk bertanya sebanyak lima pertanyaan (Pebriansya, 2017). Dalam proses identifikasi dan kategorisasi, metode ini melakukan analisis kegagalan sebuah kegiatan tidak hanya “apa” dan “bagaimana” namun juga “mengapa” hal itu dapat terjadi (Rooney & Heuvel, 2004)

3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Pada penelitian ini dilakukan di Proyek Pembangunan Eka Hospital MT. Haryono Jakarta Selatan yang terletak di Jl. Letjen MT. Haryono Kb. Baru, Kec. Tebet, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta dengan batas-batas secara geografis dilihat dari citra satelit google seperti disajikan pada gambar 1. serta ilustrasi bangunan dalam format 3D pada gambar 2. yang dihasilkan melalui *software Building Information Modeling (BIM)*.



Gambar 1. Citra satelit lokasi proyek pembangunan Eka Hospital MT. Haryono Jakarta Selatan



Gambar 2. Rencana desain 3D bangunan

Prosedur

Metode pengumpulan data pada proses awal dilaksanakan dengan studi pustaka, observasi serta wawancara langsung di lapangan. Secara garis besar penelitian ini mempunyai tiga tahapan utama dan bisa dilaksanakan pada proyek konstruksi selanjutnya, antara lain:

- 1) Tahap pertama, melakukan identifikasi masalah serta melakukan studi pustaka tentang *lean construction*, *waste* konstruksi, metode borda, dan *root cause analysis* dengan metode *the 5-Why's* untuk menentukan tujuan penelitian yang ingin dicapai.
- 2) Tahap kedua, yaitu pengumpulan data. Proses pengumpulan data pada penelitian ini terdapat 2 data, data primer & data sekunder. Data primer didapatkan melalui observasi secara langsung ke lapangan, wawancara dengan para pekerja, dan melakukan penyebaran kuesioner kepada pekerja lapangan dan staf. Data sekunder dikumpulkan dari staf PT. Adhi Persada Gedung yang berisi dokumen-dokumen informasi umum proyek.
- 3) Tahap ketiga, melakukan analisis data dengan metode borda dan *root cause analysis* dengan 5-Why's dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan terhadap tujuan penelitian dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Dalam melakukan pengolahan data, hasil dari kuesioner di olah menggunakan metode borda. Perhitungan jumlah poin pada setiap variabel dirumuskan dengan persamaan berikut,

$$b_i = \sum_k N - r_{ik} \quad (1)$$

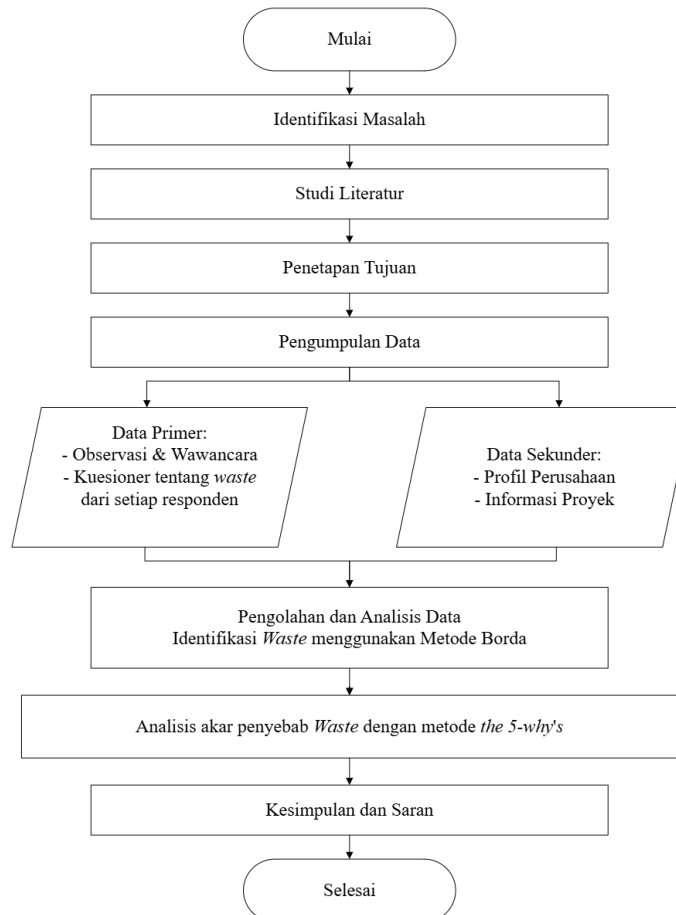
Keterangan:

r_{ik} = Peringkat alternatif

b_i = Jumlah poin yang diterima tiap alternatif

N = Jumlah alternatif

Pelaksanaan ini terdiri dari beberapa tahapan proses dan untuk lebih jelasnya dalam dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir tahap penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah responden penelitian ini sebanyak 34 orang. Responden merupakan para pekerja lapangan atau staf kontraktor (PT. Adhi Persada Gedung) maupun pihak owner (PT. Ekamas International Hospital) di Poyek Pembangunan Eka Hospital MT. Haryono Jakarta Selatan.

Data yang didapatkan dari kuesioner akan diolah dan dianalisis menggunakan metode borda untuk menentukan peringkat variabel *waste* dan faktor penyebab *waste* tertinggi. Rekapitulasi hasil pengolahan kuesioner variabel *waste* dan faktor penyebab *waste* akan disajikan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Hasil analisis terhadap variabel *waste*

No.	Variabel Waste	Tingkat Pengaruh								Poin	Bobot	Peringkat
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	Overproduction (produksi berlebihan)	4	8	10	2	2	1	3	4	145	0,1515	3

No.	Variabel Waste	Tingkat Pengaruh								Poin	Bobot	Peringkat
		1	2	3	4	5	6	7	8			
2	<i>Defect</i> (produk cacat)	10	8	6	5	2	2	1	0	179	0,1870	1
3	<i>Transportation</i> (transpotasi yang tidak perlu)	1	1	2	6	7	8	4	5	88	0,0920	7
4	<i>Overprocessing</i> (proses yang tidak tepat dan tidak diperlukan)	8	6	3	8	5	0	1	3	155	0,1620	2
5	<i>Excessive inventory</i> (persediaan yang berlebihan)	1	2	3	6	4	8	6	4	92	0,0961	6
6	<i>Waiting</i> (waktu menunggu)	5	4	4	2	4	2	7	6	110	0,1149	5
7	<i>Unnecessary Motion</i> (gerakan yang tidak perlu)	3	1	1	1	6	7	8	7	76	0,0794	8
8	<i>Non-utilized talent</i> (tidak memaksimalkan bakat pekerja)	2	5	5	4	4	6	3	5	112	0,1170	4

Variabel waste yang telah diolah dalam Tabel 1. didapatkan bahwa terdapat delapan variabel yang terjadi pada proyek, yaitu *defect* (produk cacat), *overprocessing* (proses yang tidak tepat dan tidak diperlukan), *overproduction* (produksi berlebihan), *non-utilized talent* (tidak memaksimalkan bakat pekerja), *waiting* (waktu menunggu), *excessive inventory* (persediaan yang berlebihan), *transportation* (transpotasi yang tidak perlu), dan *unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu). Tiga variabel yang memiliki frekuensi poin tertinggi yaitu, *defect* (produk cacat) (179 poin), *overprocessing* (proses yang tidak tepat dan tidak diperlukan) (155 poin), *overproduction* (produksi berlebihan) (145 poin). Variabel yang paling sering terjadi ini akan dianalisis lebih lanjut untuk menentukan faktor penyebab waste yang paling memengaruhi terjadinya variabel tersebut. Berikut dalam Tabel 2. Diperlihatkan hasil analisis faktor penyebab waste pada tiga variabel yang paling sering terjadi.

Tabel 2. Hasil analisis terhadap faktor penyebab waste setiap variabel

Variabel Waste	Faktor Waste	Tingkat Pengaruh				Poin	Bobot	Peringkat
		1	2	3	4			
<i>Defect</i> (produk cacat)	a. Kurangnya keterampilan pekerja	12	8	7	7	59	0,3333	2
	b. kurangnya kontroling terhadap produksi dan material	4	9	17	4	47	0,1756	3
	c. Kurangnya koordinasi	4	6	6	18	30	0,2439	4
	d. Perubahan desain	14	11	4	5	68	0,3024	1
<i>Overprocessing</i> (proses yang tidak tepat dan tidak diperlukan)	a. Ketidaksesuaian peralatan	2	6	8	18	26	0,1275	4
	b. Melakukan langkah-langkah yang tidak diperlukan dalam proses pengerjaan	7	11	10	6	53	0,2598	3
	c. <i>Repair</i>	8	10	10	6	54	0,2647	2
	d. Terjadinya miskomunikasi akibat perubahan desain	17	7	6	4	71	0,3480	1
<i>Overproduction</i> (produksi berlebihan)	a. Penyimpanan material di lokasi terlalu banyak	2	6	7	19	25	0,1225	4
	b. kurangnya kontroling terhadap produksi dan material	16	7	9	2	71	0,3480	1
	c. Kurangnya koordinasi	6	17	9	2	61	0,2990	2
	d. Perubahan desain	10	4	9	11	47	0,2304	3

Pembahasan dari Tabel 2. di atas dapat diketahui variabel *waste* dengan faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya variabel *waste* tersebut. Faktor penyebab *waste* dengan poin tertinggi dari setiap variabel akan diolah lebih lanjut untuk analisis menggunakan metode *root cause analysis*. Pada analisis akar penyebab masalah, hanya akan berfokus pada tiga variabel yang paling sering terjadi, yaitu *defect*, *overprocessing*, dan *overproduction*. Pemaparan *root cause analysis* dari permasalahan terkait variabel *waste* yang paling sering terjadi serta faktor penyebab *waste* disajikan dalam Tabel 3. berikut.

Tabel 3. *Root Cause Analysis* dengan 5-Why's

Variabel Waste	Faktor Waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
<i>Defect</i> (produk cacat)	Lalai dalam pengawasan	Kontrol kualitas di lapangan belum optimal	Kontraktor pelaksana lebih berfokus pada penyelesaian target proyek	menghindari keterlambatan	konsekuensi keterlambatan lebih berat daripada <i>defect</i> yang dihasilkan	Menghindari pembengkakan biaya
<i>Overprocess-ing</i> (proses yang tidak tepat dan tidak diperlukan)	Terjadinya miskomunikasi akibat perubahan desain	Terlambatnya pelaksana memberikan informasi kepada pekerja terkait perubahan desain	Informasi fiksasi perubahan desain lambat sampai ke pelaksana	Lamanya proses alur administrasi pengesahan desain yang baru	Terlambatnya pengerjaan fiksasi desain	sumber daya tidak terampil dalam mengerjakan gambar desain yang baru
<i>Overproduct-ion</i> (Produksi berlebihan)	Kurangnya kontroling terhadap produksi material	kurangnya efektivitas dari mekanisme pekerjaan	sistem monitoring produksi yang kurang baik	estimasi kuantitas material yang tidak akurat	perubahan desain secara mendadak	kurangnya koordinasi antara tim perencana dan tim pelaksana produksi di lapangan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan untuk membantu pihak kontraktor dalam identifikasi *waste* yang terjadi pada proses pelaksanaan pembangunan konstruksi dan sebagai tolak ukur evaluasi untuk pelaksanaan proyek yang serupa pada tahap berikutnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis variabel *waste* dengan observasi dan wawancara dapat ditentukan variabel *waste* yang terjadi, yaitu *defect* (produk cacat), *overprocessing* (proses yang tidak tepat dan tidak diperlukan), *overproduction* (produksi berlebihan), *non-utilized talent* (tidak memaksimalkan bakat pekerja), *waiting* (waktu menunggu), *excessive inventory* (persediaan yang berlebihan), *transportation* (transportasi yang tidak perlu), dan *unnecessary motion* (gerakan yang tidak perlu).
2. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode borda, dapat ditentukan tiga variabel yang paling sering terjadi pada proyek ini, yaitu *defect* (produk cacat) (179 poin) dengan faktor lalai dalam pengawasan, *overprocessing* (proses yang tidak tepat dan tidak diperlukan) (155 poin) dengan faktor terjadinya miskomunikasi akibat perubahan desain, dan *overproduction* (produksi berlebihan) (145 poin) dengan faktor kurangnya kontroling terhadap produksi material.
3. Hasil analisis akar permasalahan didapatkan bahwa variabel *defect* (produk cacat) dengan penyebab menghindari pembengkakan biaya, *overprocessing* (proses yang tidak tepat dan tidak diperlukan) disebabkan kurangnya sumber daya dalam mengerjakan gambar desain yang baru, serta kurangnya koordinasi antara tim perencana dan tim pelaksana produksi di lapangan menyebabkan *overproduction* (produksi berlebihan).

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Moghany, S. S. (2006). *Managing and minimizing construction waste in Gaza Strip*. Palestine: Islamic University of Gaza.
- Alwi, S., Mohamed, S., & Hampson, K. (2002). *Waste in the Indonesian construction projects*. In Proceedings of the 1st CIB-W107 International Conference-Creating a Sustainable Construction Industry in Developing Countries (pp. 305-315). CSIR.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (28 Juni 2024). *Laju Pertumbuhan Penduduk*. Diakses pada 20 Februari 2025, dari <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk3NiMy/laju-pertumbuhan-penduduk.html>
- Coster, C. J. dan Sjoerd, V. W. "Lean Project Management". Umea School of Business and Economics: Swedia. 2015.
- Fhadillah, I., Anggraeni, N. F., & Sugiarto, A. R. A. (2020). Analisis Pemborosan Di Pt. Xyz Menggunakan 8 Waste. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 6(2), 157-162.
- Formoso, C. T., Isatto, E. L., & Hirota, E. H. (1999, July). *Method for waste control in the building industry*. In Proceedings IGLC (Vol. 7, p. 325).
- Gordon, K. & Ross, K. (2019). Transformative Learning and Lean Six Sigma Programs: Adopting an All-Collar Approach. *International Journal of Adult Vocational Education and Technology (IJAVET)*, 10(3), 20-38. <https://doi.org/10.4018/IJAVET.2019070102>
- Hamka, M., Utami, E., & Amborowati, A. (2014). Sistem Pendukung Keputusan Kelompok Metode Topsis dan Borda untuk Penentuan Bakal Calon Haji. *SEMNASTEKNOMEDIA ONLINE*, 2(1), 2-04.
- Hines, P. and Taylor, D. (2000) *Going Lean*. *Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School*, Cardiff, UK, 3-43.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (Vol. 72, p. 39). Stanford: Stanford university.
- Lim YenWui, I., Abdul Rahman, H., & Abdul Samad, Z. (2009). *Enhancing Malaysia construction performance: application of lean technique in eliminating construction process waste*.
- 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), 145-158.
- Pebriansya, T. (2017). PENERAPAN ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA) DALAM MENYELESAIKAN PERMASALAHAN PENGELOLAAN BARANG MILIK DAERAH PADA PEMERINTAH DAERAH DI PROVINSI BENGKULU (Studi Kasus: Temuan Pemeriksaan BPK RI atas Pengelolaan Aset Tetap Pada Pemerintah Daerah di Provinsi Bengkulu).
- Rooney, J.J. and Heuvel, L.N.V. (2004) Root Cause Analysis for Beginners. *Quality Progress*, 37, 45-56.
- Shoumi, M. N. (2020). Keputusan Penentuan Pemenangan Koi Fish Contest Berdasarkan Penilaian Gabungan Juri Dan Penonton Dengan Metode Group Decision System Moora Dan Borda.
- Simonsson, P., Björnfot, A., Erikshammar, J., & Olofsson, T. (2012). *'Learning to see' the effects of improved workflow in civil engineering projects*.
- Susanti, A. R., & Suropto, S. (2021). EVALUASI WASTE DAN IMPLEMENTASI LEAN CONSTRUCTION PROYEK GEDUNG KAMPUS X. *JURNAL RIVET*, 1(02), 65-72.
- Wang, C., & Leung, H. F. (2004, September). A secure and fully private borda voting protocol with universal verifiability. In *Proceedings of the 28th Annual International Computer Software and Applications Conference, 2004. COMPSAC 2004*. (pp. 224-229). IEEE.
- Womack J.P. and Jones D.T. (2003). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Organisation*, Free Press, New York.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. *Harvard Business Review*, 74(5), 140-172