

Penerapan *Lean Construction* menggunakan *Root Cause Analysis* dan Metode Borda dalam mengidentifikasi *Waste Non-Value Added Activity* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I PT Waskita Karya)

Tri Okto Pamungkas*, Muji Rifai, Koosdaryani Soeryodarundino

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Abstrak: Proyek konstruksi sering mengalami kendala karena tenaga kerja yang tidak produktif, perencanaan proyek yang buruk, anggaran yang membengkak, dan spesifikasi yang tidak sesuai. Kerugian berbagai sumber daya, yaitu material, waktu, modal yang diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan yang membutuhkan biaya secara langsung maupun tidak langsung tetapi tidak menambah nilai kepada produk akhir dapat didefinisikan sebagai *waste*. Perlu dilakukan kegiatan untuk mengurangi atau menghilangkan *waste*, sehingga pekerjaan menjadi lebih efisien. *Lean Construction* adalah pendekatan inovatif terhadap manajemen proyek yang menggabungkan ide, prinsip, dan metode untuk meningkatkan produktivitas konstruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui variabel dan faktor *waste* berupa *non-value added activity* yang sering terjadi pada Proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I PT Waskita Karya Kabupaten Semarang dan menganalisisnya menggunakan metode Borda. Setelah dilakukan analisis, didapatkan variabel *waste* yang paling dominan adalah variabel *money* dengan faktor terjadi kesalahan saat perhitungan RAB yang disebabkan oleh beberapa permasalahan, kemudian dianalisis menggunakan RCA (*root cause analysis*) yaitu data yang digunakan untuk perhitungan RAB tidak akurat, informasi yang tidak tepat atau kurang lengkap untuk mengisi kelengkapan data RAB sehingga menjadi kurang spesifik, ketidaktepatan dalam mencatat detail saat mengumpulkan data tentang pelaksanaan proyek, ketidakpastian regulasi yang terjadi di dalam proyek sehingga estimasi menjadi tidak konsisten, dan perubahan lingkungan proyek seperti perubahan kondisi harga material yang dapat memengaruhi estimasi.

Kata Kunci: *Lean Construction*, Metode Borda, *Root Cause Analysis*, *Waste*

DOI:

<https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i2.2981>

*Correspondence: Tri Okto Pamungkas

Email:

trioktopamungkas578@gmail.com

Received: 01-02-2024

Accepted: 15-03-2024

Published: 30-04-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Construction projects often experience obstacles due to unproductive labor, poor project planning, ballooning budgets, and inappropriate specifications. Losses of various resources, namely material, time, capital resulting from activities that require costs directly or indirectly but do not add value to the final product can be defined as waste. Activities need to be carried out to reduce or eliminate waste, so that work becomes more efficient. *Lean Construction* is an innovative approach to project management that combines ideas, principles, and methods to improve construction productivity. The aim of this research is to determine waste variables and factors in the form of *non-value added activity* that often occur in the Jragung Dam Development Project Package I PT Waskita Karya Semarang Regency and analyze them using the Borda method. After analysis, It was found that the most dominant waste variable was the money variable with the factor that an error occurred when calculating the RAB which was caused by several problems, then analyzed using RCA (*root cause analysis*), namely the data used for calculating the RAB was inaccurate, the information was inaccurate or incomplete to fill in the waste variable. completeness of RAB data so that it becomes less specific, inaccuracy in recording details when collecting data about project implementation, regulatory uncertainty that occurs within the project so that estimates become inconsistent, and changes in the project environment such as changes in material price conditions which can affect estimates.

Keywords: Borda Method, *Lean Construction*, *Root Cause Analysis*, *Waste*

Pendahuluan

Proyek konstruksi di Indonesia mengalami peningkatan signifikan, didorong oleh fokus pemerintah pada pembangunan infrastruktur untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Namun, pembangunan infrastruktur juga dapat menyebabkan pemborosan dan kegagalan proyek, terutama akibat kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah. Identifikasi dan pengurangan *waste* merupakan tantangan penting dalam proyek konstruksi, dengan fokus pada efisiensi dan peningkatan nilai. *Waste* dalam konstruksi bisa berupa kehilangan sumber daya seperti material, waktu, dan modal, terutama dalam bentuk aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Proyek konstruksi berisiko terhadap pemborosan, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti tenaga kerja tidak produktif, perencanaan buruk, dan spesifikasi yang tidak tepat. Manajemen *lean construction* menjadi kunci dalam mengurangi *waste* dan meningkatkan nilai proyek. Metode seperti *Root Cause Analysis* (RCA) dan alat-alat lainnya dapat membantu dalam pengelolaan *waste* dan peningkatan efisiensi proyek.

Metode pelaksanaan dalam industri konstruksi terus berkembang karena proyek-proyek tersebut memiliki risiko tinggi, sehingga terdapat beberapa faktor penting yang memengaruhi hasilnya, yang dikenal sebagai 5M: *Man, Machine, Material, Money, dan Method*. Manajemen yang efektif diperlukan untuk memastikan kelancaran proyek dari awal hingga akhir. Suatu proyek dianggap sukses jika mampu memenuhi batasan waktu, biaya, dan standar kualitas yang telah ditetapkan dalam kontrak. Keberhasilan suatu proyek konstruksi dapat diukur dari kemampuannya dalam menyelesaikan pembangunan infrastruktur dengan tepat waktu, biaya, dan mutu. Pengelolaan aspek-aspek ini sangat bergantung pada sumber daya kunci seperti tenaga kerja, keuangan, bahan, mesin, dan metode. Meskipun kontrol sumber daya penting, namun diperlukan keseimbangan antara pengendalian pemborosan dan peningkatan nilai.

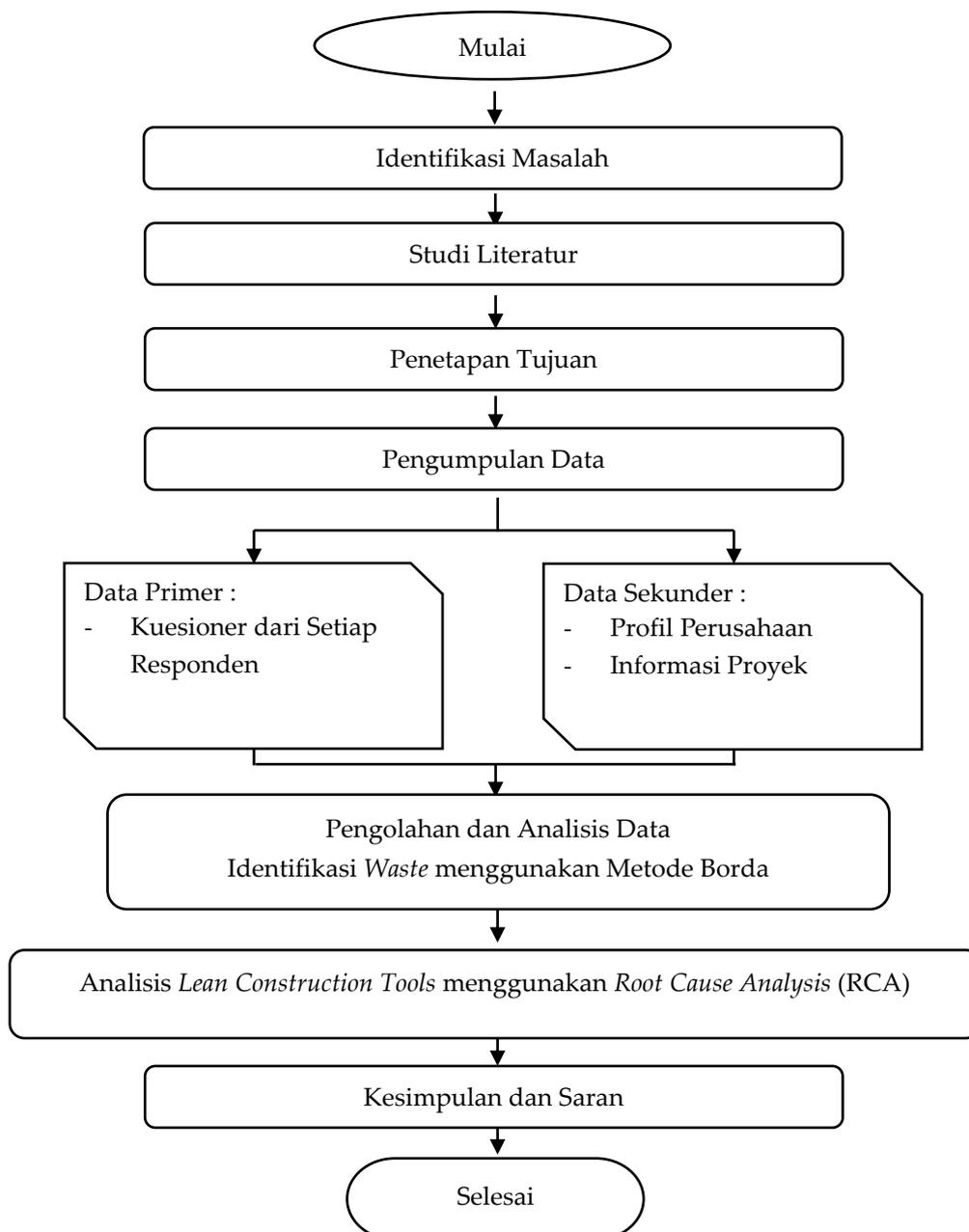
Proyek konstruksi saat ini berusaha keras untuk mengurangi pemborosan dan meningkatkan nilai sebanyak mungkin, memastikan bahwa pekerjaan dilakukan secara efisien tanpa pemborosan. Pendekatan *lean construction* menjadi strategi utama dalam mengurangi *waste* pada proses konstruksi. Manajemen *lean construction* membantu mengurangi *waste* proyek dengan meminimalkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Identifikasi dan eliminasi *waste* merupakan langkah penting untuk mencapai tujuan kepuasan pelanggan seperti biaya yang terkendali, penyelesaian tepat waktu, dan kualitas sesuai kontrak. Penerapan *lean construction* menjadi kunci untuk menghindari pemborosan sejak awal, mencegah penundaan dan pengeluaran biaya yang tidak perlu.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang ada, penelitian ini difokuskan pada *waste* yaitu berupa *non-value added activity*. Keberadaan pemborosan jenis ini dalam proyek konstruksi memiliki dampak besar terhadap kelancaran pelaksanaan proyek. Untuk menghindari gangguan yang dapat memperlambat kemajuan, upaya untuk mengurangi pemborosan dilakukan melalui penerapan metode *lean construction*. Metode ini telah banyak digunakan dalam proyek konstruksi di Indonesia, seperti yang telah dilakukan oleh PT Waskita Karya (Persero), yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan hasil proyek yang lebih baik. Sebagai contoh, Proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I

di Kabupaten Semarang yang menerapkan *lean construction* dengan harapan mengatasi masalah yang dapat mengganggu kelancaran proyek. Tujuan dari penelitian ini juga termasuk evaluasi variabel dan faktor yang paling sering menyebabkan *waste* berupa *non-value added activity* dalam proyek tersebut. Pemanfaatan manajemen *lean construction* menjadi krusial untuk mengetahui tingkat pemborosan yang mungkin terjadi dalam proyek besar yang berlangsung dalam jangka waktu panjang. Selain itu, penelitian ini akan menganalisis akar masalah atau kejadian yang tidak diinginkan dengan menggunakan *lean construction tools* yaitu *root cause analysis*.

Metode Penelitian

Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada bentuk *flowchart* berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Prosedur penelitian pada studi ini meliputi langkah-langkah berikut:

1. Identifikasi Masalah: Langkah pertama adalah mengenali tantangan yang dihadapi oleh industri konstruksi di Indonesia. Proses ini dimulai dengan menyadari masalah yang muncul selama proyek, memungkinkan peneliti untuk mengungkapkan kekhawatiran secara lebih terperinci. Permasalahan utamanya adalah mengidentifikasi *waste* berupa aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added activity*) selama pelaksanaan proyek.
2. Studi Literatur: Dilakukan analisis literatur yang komprehensif untuk menetapkan tujuan pembelajaran studi ini. Tinjauan literatur dilakukan setelah permasalahan dalam proyek diketahui dengan jelas. Langkah ini membantu dalam memperoleh pengetahuan dan informasi yang relevan dengan studi yang akan dilakukan.
3. Penetapan Tujuan: Setelah mengumpulkan informasi yang relevan, langkah selanjutnya adalah menetapkan tujuan penelitian. Tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi variabel dan faktor *waste* berupa aktivitas *non-value added* yang terjadi dalam proyek konstruksi yang sedang diteliti.
4. Pengumpulan Data: Studi ini melibatkan pengumpulan data baik primer maupun sekunder. Data primer diperoleh melalui survei kuesioner, sedangkan data sekunder mencakup dokumen dan informasi terkait proyek. Kuesioner juga diberikan kepada partisipan penelitian untuk memperoleh data yang diperlukan.
5. Pengolahan dan Analisis Data: Data yang terkumpul, khususnya terkait aktivitas *non-value added*, diolah menggunakan metode Borda. Selanjutnya, analisis akar penyebab (*root cause analysis*) dilakukan terhadap aktivitas tersebut. Selain itu, penelitian ini juga mengusulkan solusi berbasis pendekatan *lean construction* untuk mengatasi masalah aktivitas *non-value added* dalam proyek yang diteliti.
6. Analisis *Lean Construction Tools* menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) : Analisis terkait dengan *lean construction tools*, seperti analisis penyebab akar (*root cause analysis/RCA*), dilakukan dalam penelitian ini. Tahapan analisis terdiri dari:
 - a. Menentukan Variabel *Waste*

Variabel *waste* yang berkaitan dengan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah yang paling umum terjadi dalam proyek ini terungkap melalui analisis menggunakan metode Borda, yang hasilnya diperoleh dari survei kuesioner. Pendekatan Borda mengevaluasi bobot yang diberikan pada setiap item *waste*. Dengan menggunakan bobot relatif *waste*, komposisi utamanya dapat ditentukan dengan cara ini.
 - b. Identifikasi Faktor Penyebab *Waste*

Dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan *waste* dalam bentuk aktivitas *non-value added*, langkah selanjutnya adalah menemukan solusi untuk

mengatasi masalah *waste* dalam Proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I PT Waskita Karya Kabupaten Semarang. Analisis penyebab munculnya *waste* dalam bentuk aktivitas *non-value added* dilakukan dengan menggunakan metode seperti *root cause analysis* (RCA), mengikuti metodologi yang telah ditetapkan. Pendekatan metode "The 5-Why's" digunakan secara sistematis untuk mengungkap penyebab mendasar dari situasi sulit dengan mengajukan pertanyaan "mengapa" berulang-ulang hingga penyebab mendasar terungkap.

7. Kesimpulan dan Saran: Setelah selesai melakukan penyelidikan, kesimpulan akan dirumuskan untuk merangkum hasil secara komprehensif. Saran juga akan diberikan untuk penelitian dimasa mendatang, yang mencakup masukan mengenai studi ini serta saran untuk penelitian selanjutnya.

Hasil dan Pembahasan

Perolehan Data

Data yang diperoleh dari hasil kuesioner ini mencakup peringkat untuk setiap variabel *waste* dan faktor *waste* dalam bentuk *Non-value added activity* yang terjadi dalam proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I PT Waskita Karya Kabupaten Semarang. Kuesioner mengenai *waste* dalam bentuk *Non-value added activity* diisi dengan memberikan skala prioritas 1-6 untuk setiap variabel, dengan penjelasan sebagai berikut:

- a. Peringkat 1 : Sangat Sering Terjadi
- b. Peringkat 2 : Sering Terjadi
- c. Peringkat 3 : Kadang Terjadi
- d. Peringkat 4 : Jarang Terjadi
- e. Peringkat 5 : Tidak Sering Terjadi
- f. Peringkat 6 : Sangat Tidak Sering Terjadi

Tabel 1. Data Hasil Kuesioner Berupa Variabel *Waste*

No	Variabel <i>Waste</i>	Perolehan Peringkat						Total Responden
		1	2	3	4	5	6	
1	<i>Waste of Man</i>	5	7	9	6	3	2	32
2	<i>Waste of Money</i>	11	4	8	2	7	0	32
3	<i>Waste of Material</i>	7	4	3	13	4	1	32
4	<i>Waste of Machine</i>	1	9	4	7	6	5	32
5	<i>Waste of Method</i>	7	6	6	2	6	5	32
6	<i>Waste of Time</i>	1	1	2	2	6	20	32

Kuesioner mengenai faktor *waste* diberikan dengan memberikan peringkat dari 1 hingga 5 untuk setiap faktor pada kolom yang telah disediakan. Penjelasan untuk peringkat angka tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Peringkat 1 : Penyebab yang sangat berpengaruh terhadap variabel

- b. Peringkat 2 : Penyebab yang berpengaruh terhadap variabel
- c. Peringkat 3 : Netral terhadap variabel
- d. Peringkat 4 : Penyebab kurang berpengaruh terhadap variabel
- e. Peringkat 5 : Penyebab yang tidak berpengaruh terhadap variabel

Tabel 2. Data Hasil Kuesioner Berupa Faktor *Waste* berupa *Non-value added activity* terhadap Variabel

No	Variabel <i>Waste</i>	Faktor <i>Waste</i>	Perolehan Nilai					Total (Resp.)
			1	2	3	4	5	
1	<i>Man</i>	a. Distribusi Tenaga Kerja yang Buruk	4	8	8	8	4	32
		b. Pekerja Tidak Disiplin	10	8	10	3	1	32
		c. Tenaga Kerja Kurang Terampil	11	7	4	5	5	32
		d. Tenaga Kerja Menunggu Instruksi	3	6	5	11	7	32
		e. Pekerja Tidak Patuh terhadap Ketentuan K3	4	3	5	5	15	32
2	<i>Money</i>	a. Waktu Lembur yang Berlebihan	6	2	5	6	13	32
		b. Denda Akibat Terlambat Membayar Subkon	3	7	5	8	9	32
		c. <i>Supplier</i> Melakukan Kecurangan	5	10	7	9	1	32
		d. Terjadi Kesalahan Saat Perhitungan RAB	16	4	5	2	5	32
		e. Terjadi Perubahan Harga atau Upah	2	10	9	7	4	32
3	<i>Material</i>	a. Material Tidak Sesuai Spesifikasi	10	10	7	3	2	32
		b. Material Tidak Tepat Mutu	6	10	7	5	4	32
		c. Penyimpanan Material yang Buruk	3	2	7	12	8	32
		d. Material dipesan Terlalu Banyak	3	7	5	6	11	32
		e. Material Hilang di Tempat Penyimpanan	10	3	6	6	7	32
4	<i>Machine</i>	a. Peralatan Kurang Baik atau Tidak Efektif	8	13	5	5	1	32
		b. Peralatan Model Lama	2	2	6	6	16	32
		c. Kegagalan dalam Mengkombinasikan Alat	9	1	6	10	6	32
		d. <i>Maintenance</i> Peralatan yang Kurang Baik	6	10	5	6	5	32
		e. Alat Berat Mengalami Kerusakan Teknis	7	6	10	5	4	32
5	<i>Method</i>	a. Gambar Kerja yang Kurang Jelas	6	5	2	11	8	32
		b. Metode Konstruksi yang Kurang Tepat	10	8	5	8	1	32
		c. Metode Kerja yang Tidak Konsisten	7	3	14	6	2	32
		d. Terjadi Kesalahan pada SOP	2	12	9	4	5	32
		e. Terjadi Ketidaktuntasan klarifikasi PCM	7	4	2	3	16	32
6	<i>Minute</i>	a. Buruknya Jadwal Pengiriman Material	6	1	10	12	3	32
		b. Keterlambatan Material Tiba di Lokasi	4	12	5	6	5	32
		c. Logistik Tidak Terjadwal dengan Benar	10	13	6	2	1	32
		d. Masalah Perizinan yang Terkendala	5	1	5	7	14	32
		e. Perencanaan dan Penjadwalan Kurang Baik	7	5	6	5	9	32

Analisis Pembahasan

Setelah data terkumpul kemudian data dihitung dengan menggunakan metode Borda. Dengan analisis data kuesioner menggunakan metode Borda, maka dapat

diketahui bobot dari masing-masing variabel dan faktor *waste* berupa *non-value added activity* yang akan divisualkan dalam bentuk tabel dan grafik.

1. Variabel Penelitian

Ada 6 variabel *waste* dalam bentuk *non-value added activity* yang akan diberi bobot. Hasil perhitungan akan menentukan variabel *waste* berupa *non-value added activity* yang paling signifikan dalam Proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I PT Waskita Karya Kabupaten Semarang. Perhitungan dilakukan menggunakan metode Borda dengan rumus berikut:

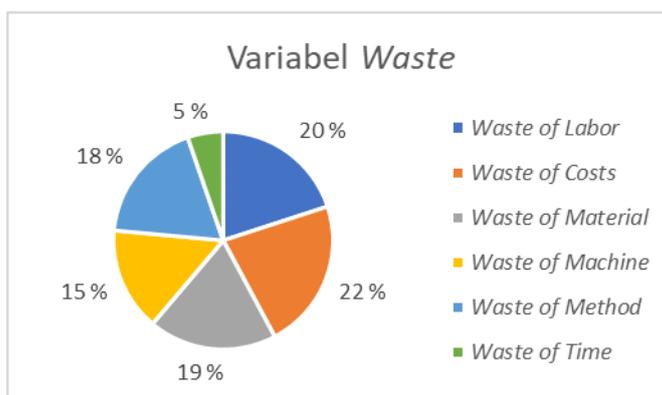
$$b_i = \sum_k N - rik \text{ -----}[1]$$

Keterangan :

- b_i* = Jumlah poin yang diterima tiap variabel
- N* = Jumlah variabel
- rik* = Peringkat variabel

Tabel 3. Jumlah Poin terhadap Variabel Penelitian

No	Variabel Waste	Jumlah Poin	Bobot	Persentase (%)
1	<i>Man</i>	95	0,1995	20
2	<i>Money</i>	106	0,2227	22
3	<i>Material</i>	90	0,1891	19
4	<i>Machine</i>	73	0,1534	16
5	<i>Method</i>	87	0,1828	18
6	<i>Minute</i>	25	0,0525	5
	Total	476	1,0000	100



Gambar 2. Pie Chart Variabel Penelitian

2. Faktor Waste

Tiap variabel *waste* memiliki 5 faktor penyebab *waste* dalam bentuk *non-value added activity* yang akan diberi bobot. Hasil perhitungan tersebut akan menentukan faktor *waste* berupa *non-value added activity* yang paling berpengaruh pada setiap variabel. Perhitungan dilakukan menggunakan Metode Borda, dengan rumus sebagai berikut:

$$b_i = \sum_k N - r_{ik} \text{-----}[2]$$

Keterangan:

b_i = Jumlah Poin yang Diterima Tiap Faktor

N = Jumlah Faktor

r_{ik} =Peringkat Faktor

Analisis data menunjukkan bahwa *waste of money*, *waste of man*, dan *waste of material* adalah variabel *waste* yang paling dominan dalam Proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I PT Waskita Karya Kabupaten Semarang, dengan total akumulasi ketiganya mencapai 61% dari total variabel *waste* yang terjadi. Hasil peringkat untuk setiap variabel *waste* dapat ditemukan dalam tabel berikut:

Tabel 4. Hasil Peringkat terhadap Variabel Penelitian

No	Variabel Waste	Jumlah Poin	Peringkat
1	<i>Waste of Man</i>	95	2
2	<i>Waste of Money</i>	106	1
3	<i>Waste of Material</i>	90	3
4	<i>Waste of Machine</i>	73	5
5	<i>Waste of Method</i>	87	4
6	<i>Waste of Minute</i>	25	6

Berdasarkan analisis data variabel penelitian yang telah diproses sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa variabel penelitian yang paling dominan memiliki faktor penyebab utama masing-masing. Misalnya, variabel *waste of man*, yang faktor penyebabnya adalah pekerja tidak disiplin. Variabel *waste of money* disebabkan oleh kesalahan saat perhitungan RAB, sedangkan *waste of material* disebabkan oleh material yang tidak sesuai spesifikasi. Variabel *waste of machine* terjadi karena peralatan yang kurang baik atau tidak efektif, sementara *waste of method* dikaitkan dengan metode konstruksi yang kurang tepat. Terakhir, *waste of minute* disebabkan oleh logistik tidak terjadwal dengan benar.

Perbandingan dengan penelitian serupa yang dilakukan oleh Bhaskara dkk (2022) menunjukkan perbedaan dalam faktor penyebab masing-masing *variabel waste*. Pada penelitian tersebut, *waste of manpower* disebabkan oleh sulitnya kerjasama dalam tim, *waste of money* disebabkan oleh denda akibat keterlambatan proyek, *waste of material* disebabkan oleh perubahan desain oleh pemilik proyek, *waste of machine* disebabkan oleh alat berat yang tidak berfungsi dengan baik, dan *waste of method* disebabkan oleh kesalahan dalam SOP. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh keunikan dari masing-masing proyek konstruksi yang diteliti, termasuk variasi dalam penerapan SOP di setiap proyek. Dengan penemuan *waste* berupa *non-value added activity* dari penelitian ini, pihak proyek konstruksi dapat mengantisipasi *waste* lebih lanjut dan menggunakan hasil penelitian

sebagai bahan evaluasi untuk proyek masa depan. Ini bertujuan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan penyebab *waste* dalam proyek konstruksi mendatang.

3. Analisis Root Cause dengan The-5 Why's

Penelitian ini akan memfokuskan pada 3 dari 6 variabel penelitian, yaitu tiga variabel yang paling dominan terjadi, dengan faktor *waste* berupa *non-value added activity* yang memiliki pengaruh paling besar terhadap masing-masing variabel. Tiga variabel *waste* berupa *non-value added activity* yang paling dominan dalam penelitian ini adalah *waste of money*, dengan faktor penyebab "Terjadi Kesalahan Saat Perhitungan RAB"; *waste of man*, dengan faktor penyebab "Pekerja Tidak Disiplin"; dan *waste of material*, dengan faktor penyebab "Material Tidak Sesuai dengan Spesifikasi".

Setelah dilakukan analisis berupa *root cause* dengan *the 5-why's*, penyebab utama dari variabel *money* adalah perubahan lingkungan proyek seperti perubahan kondisi harga material yang dapat memengaruhi estimasi, sehingga dapat menyebabkan pembengkakan biaya yang tidak diinginkan pada suatu proyek konstruksi. Akar permasalahan pada variabel *man* disebabkan karena kurangnya hubungan dan komunikasi dua arah untuk saling memberikan pendapat, sehingga mengakibatkan kebutuhan akan tenaga kerja meningkat secara tidak efisien. Sedangkan, akar permasalahan terkait variabel *material* disebabkan karena ketidakcukupan pengawasan terhadap pengendalian kualitas material, sehingga dapat menyebabkan kualitas material menjadi buruk.

Berdasarkan analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode *the 5-why's*, maka dapat ditentukan alternatif kebijakan untuk mencegah suatu kejadian yang tidak diinginkan selama proyek konstruksi berlangsung. Pencegahan terhadap variabel *money* yang disebabkan oleh terjadinya kesalahan saat perhitungan RAB dapat dilakukan dengan pemeriksaan menyeluruh terhadap semua data yang digunakan dalam perhitungan RAB, pastikan semua informasi yang digunakan adalah akurat dan terbaru, dan selalu mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang dapat memengaruhi perhitungan RAB. Variabel *man* yang disebabkan oleh pekerja tidak disiplin dapat dicegah dengan meningkatkan hubungan dan komunikasi secara dua arah mengenai lingkup kolaborasi untuk saling memberikan pendapat agar hubungan antara tenaga kerja dapat terjalin dengan baik dan hasil pekerjaan dapat dikendalikan dengan maksimal. Sedangkan, pencegahan terhadap variabel *material* yang diakibatkan karena material tidak sesuai spesifikasi dapat dilakukan dengan meningkatkan pengawasan terhadap pengendalian kualitas material sehingga dapat menghasilkan material yang unggul dan sesuai pedoman produk yang diinginkan.

Simpulan

Hasil analisis terhadap penerapan *lean construction* pada studi kasus proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I PT Waskita Karya Kabupaten Semarang, menunjukkan beberapa temuan signifikan, yaitu:

1. Perhitungan menggunakan metode Borda, didapat:
 - Variabel *money* akibat kesalahan dalam perhitungan RAB.
 - Variabel *man* dengan faktor pekerja tidak disiplin.
 - Variabel *material* dengan faktor material tidak sesuai spesifikasi.
2. Penelitian juga mengidentifikasi akar permasalahan utama pemborosan,
 - Variabel *waste of money* karena terjadi kesalahan saat perhitungan RAB diakibatkan oleh perubahan lingkungan proyek seperti perubahan kondisi harga material yang dapat memengaruhi estimasi.
 - Variabel *waste of man* karena pekerja tidak disiplin diakibatkan oleh kurangnya hubungan komunikasi dua arah mengenai lingkup kolaborasi untuk saling memberikan pendapat.
 - Variabel *waste of material* karena material tidak sesuai spesifikasi diakibatkan oleh ketidakcukupan pengawasan terhadap pengendalian kualitas material.
3. Tindakan yang harus dilakukan untuk mencegah dan meminimalkan *waste* berupa *non-value added activity* adalah :
 - Pencegahan terhadap variabel *money* yang disebabkan oleh terjadinya kesalahan saat perhitungan RAB dapat dilakukan dengan pemeriksaan menyeluruh terhadap semua data yang digunakan dalam perhitungan RAB, pastikan semua informasi yang digunakan adalah akurat dan terbaru, dan selalu mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang dapat memengaruhi perhitungan RAB.
 - Pencegahan terhadap variabel *man* yang disebabkan oleh pekerja tidak disiplin dapat dicegah dengan meningkatkan hubungan dan komunikasi secara dua arah mengenai lingkup kolaborasi untuk saling memberikan pendapat agar hubungan antar tenaga kerja dapat terjalin dengan baik dan hasil pekerjaan dapat dikendalikan dengan maksimal.
 - Pencegahan terhadap variabel *material* yang diakibatkan karena material tidak sesuai spesifikasi dapat dilakukan dengan meningkatkan pengawasan terhadap pengendalian kualitas material sehingga dapat menghasilkan material yang unggul dan sesuai pedoman produk yang diinginkan.

Berdasarkan penelitian tentang identifikasi *waste* berupa *non-value added activity* melalui penerapan *lean construction* pada Proyek Pembangunan Bendungan Jragung Paket I PT Waskita Karya Kabupaten Semarang, didapatkan beberapa saran, antara lain:

1. Untuk memperkecil pemborosan, penting untuk memberikan arahan mengenai prosedur perusahaan sebelum memulai pekerjaan dan melakukan pengawasan secara ketat untuk memastikan pencapaian target perusahaan. Selain itu, sistem pengawasan terhadap seluruh proses produksi, dari penerimaan bahan baku hingga produk akhir, harus ditingkatkan dengan adanya prosedur yang jelas dan terdokumentasi untuk pengujian dan pemeriksaan setiap tahap produksi.
2. Perlu ditingkatkan pengawasan terhadap semua tahapan produksi, dimulai dari penerimaan bahan baku hingga produk akhir, dengan memastikan adanya prosedur yang terperinci dan terdokumentasi untuk pengujian serta pemeriksaan setiap langkah produksi.
3. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar peneliti memperluas analisis ke bidang-bidang pekerjaan lain guna mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pemborosan. Diharapkan pemahaman yang lebih baik terhadap akar masalah akan memungkinkan upaya pencegahan yang lebih efektif dilakukan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berguna bagi para pelaku proyek konstruksi untuk mengurangi pemborosan di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- A.C. Mudzakir, 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.
- Adlin & Raedian Aulia. (2016). Analisa *Waste Material* Konstruksi dengan *Aplikasi Lean Construction* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan *Showroom Auto 2000*). Departemen Teknik Sipil. Universitas Sumatera Utara.
- Adwitya Bhaskara, Ginting, A. A., & Masagala, 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.
- Alarcon, L. F. (1997). *Tools for the identification and reduction of waste in construction projects. Lean construction*, 5, 365-377.
- 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.
- Al-Moghany, S. S. (2006). "Managing and Minimizing Construction Waste in Gaza Strip".
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). *Lean project management. Building Research & Information*, 31(2), 119-133.
- Boy Wendi, Erlindo, R., & Fitrah, R. A. (2021). Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Kuliah Pada Masa Pandemi Covid 19. *Jurnal Rivet*, 1(01), 57-64.

- Coster, C. J. dan Sjoerd, V. W. "Lean Project Management". Umea School of Business and Economics: Swedia. 2015.
- Erik W. L., Gray, C., & Prabantini, D. (2006). Manajemen Proyek-Proses Manajerial. CV Andi Offset: Yogyakarta.
- Farindra Hafizh & Junianto, M. B. S. (2023). Analisa Dan Perancangan Sistem Informasi Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pekerjaan Eksterior Pembesian Dengan Metode Agile Berbasis Android. Jurnal Informatika Multi, 1(1), 48-54.
- Fitria, A. M., & Sari, O. L. Analisis Faktor Penyebab Waste Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan Samarinda. Info-Teknik, 23(1), 29-38.
- Formoso, C. T., Isatto, E. L., dan Hirota, E. H. "Method for waste control in the building industry", Proceedings IGLS, 7, 325: 1999.
- Howell, G. A. (1999). What is Lean Construction-1999. Proceedings IGLC, 7, 1.
- Istimawan Dipohusodo. Manajemen Proyek dan Rekonstruksi. Penerbit Kanisus, Yogyakarta: 1996.
- Jucan, G. "Root Cause Analysis for IT Incidents Investigation". Toronto Ontario: 2005.
- Koskela, L. "Application of The New Production Philosophy to Construction" (Vol. 72). Standford University: Standford: 1992.
- Leach, Lawrence P. "Lean Project Management: Eight Principles for Success". Advanced Projects, Idaho: 2005.
- Lintang Anggana Wibawa. (2023). Identifikasi Waste dalam Penerapan Lean Construction (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Pegadaian Tower, Jakarta Pusat). Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Marselino G. T. & Nursin, A. (2020). Evaluasi non-physical waste dengan lean construction pada proyek gedung sanggala. Jurnal Prokons, 14(2), 61-67.
- Mohammad Djaelani & Eli Retnowati. (2022). Pengaruh Pengawasan Kerja Dan Penerapan Program Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Produktivitas Pekerja Proyek Konstruksi. Jurnal Ilmiah Satyagraha, 5(2), 32-38.
- Musarifan Julfi. (2021). Evaluasi Waste Non Value Added Activity & Unnecessary Dan Implementasi Value Stream Mapping (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Nil Edwin Maitimu & Pattiapon, M. L. (2018). Penerapan Lean Construction Pada Proyek PT. Pesona Graha Mandiri Ambon Guna Mereduksi Non Added Value Activity. ALE Proceeding, 1, 168-175.
- Nugroho, Y. A. (2022). Analisis Kecacatan Produk Pada Produksi Batu Bata Merah Dengan Metode Plan, Do, Check, Act Pada Dr Group Majenang. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer, 2(2), 44-51.
- Nurhayati. "Manajemen Proyek". Graha Ilmu, Yogyakarta: 2010.
- Omotayo, T., Olanipekun, A., Obi, L., & Boateng, P. (2020). A systems thinking approach for incremental reduction of non physical waste. Built environment project and asset management, 10(4), 509-528.
- Prayogo, A. (2017). Pengukuran Efektifitas Dan Frekuensi Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Pekerja Pada Pekerjaan Finishing Proyek Rumah Tinggal Di Surabaya. JURNAL DIMENSI UTAMA TEKNIK SIPIL, 4(1).

- Rani, Hafnidar. "Manajemen Proyek Konstruksi". *Deepublish Publisher*, Yogyakarta: 2016.
- Ratukarangga, Y. A. (2024). Faktor Anggaran Biaya Proyek Konstruksi Terhadap Pembangunan Negara. *MENAWAN: Jurnal Riset dan Publikasi Ilmu Ekonomi*, 2(2), 134-148.
- Rauzana, A., & Usni, D. A. (2020). Kajian faktor-faktor penyebab rendahnya kinerja mutu pada proyek konstruksi di Provinsi Aceh. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(2), 267-274.
- Renita Susanti, A., & Suropto, S. (2021). *Jurnal Rivet (Riset dan Inovasi Teknologi)*. Evaluasi *Waste* dan Implementasi *Lean Construction* Proyek Gedung Kampus X. 1 (2). 65-72.
- Russell, N. (2007). "Complexity of Control of Borda Count Elections".
- Samadhi, T.M.A.A., 2005, *Lean Production: Konsep dan Praktek*, Departemen Teknik Sipil ITB, Bandung.
- Sanaky, M. M. (2021). Analisis Faktor-Faktor Keterlambatan Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Man 1 Tulehu Maluku Tengah. *Jurnal Simetrik*, 11(1), 432-439.
- Santosa, Budi. "Manajemen Proyek: Konsep & Implementasi". *Graha Ilmu*, Yogyakarta: 2008.
- Santoso, I. (1999). Analisa *overruns* biaya pada beberapa tipe proyek konstruksi. *Civil Engineering Dimension*, 1(1), 40-45.
- Saputra, A. A. I., Yanti, R. M. K., Wiguna, I. P. A., & Nurcahyo, C. B. (2017). Pengaruh komunikasi terhadap keberhasilan proyek pada hubungan kerja antara kontraktor dan subkontraktor. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 3(2).
- Sarhan, Jamil G., dkk. (2017). *UTS ePress Construction Economic and Building. Lean Construction Implementation in the Saudi Arabian Construction Industry*. 17 (1). *Queensland University of Technology, Australia: 2017*.
- Sari, M. M., & Hadi, T. S. (2020). Faktor Penyebab Pembengkakan Biaya Yang Berpengaruh Terhadap Biaya Akhir Pada Proyek Konstruksi Gedung. *Jurnal Infrastruktur*, 6(1), 59-67.
- Sasitharan Nagapan, Abdul Rahman, I., & Ade Asmi. (2011, October). "A Review of Construction Waste Cause Factors". *Conference of Real Estate: Sustainable Growth Managing Challenges*. Johor Bahru, Malaysia: 2011.
- Sugiantari, S., Putera, I. G. A. A., & Diputra, G. A. (2015). Aplikasi *Lean Construction* untuk Mengidentifikasi Pemborosan pada Proses Logistik Proyek. *Jurnal Spektran*, 3(2), 1-9.
- Sugiyono, D. (2010). "Memahami Penelitian Kualitatif".
- Tara Ferdiana & Priadythama, I. (2016). Analisis *Defect* Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis (FTA)* Berdasarkan *Data Ground Finding Sheet (GFS)* PT. GMF AEROASIA. In *Pros. Semin. Nas. Ind. Eng. Conf (Vol. 2016)*.
- Uda, S. A. K. A., Nuswantoro, W., & Lestari, P. O. (2022). Identifikasi Penanganan *Waste Material* Berdasarkan Pandangan Kontraktor Dan Konsultan Kota Palangka Raya. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 21(1), 15-25.

-
- Wang, C. dan Leung, H. (2004). *A secure and fully private borda voting protocol with universal verifiability. Proceedings of the 28th Annual International Computer Software and Applications Conference, 2004. COMPSAC 2004., 224-229.*
- Weigel, Annalisa L. "A Book Reviwe: *Lean Thinking by Womack and Jones*". Assignment for ESD.83: *Research Seminar in Engineering Systems, halaman 1-5. Institute of Technology, Massachusetts: 2000.*
- Widyastuty, Dini. "*Studi Persepsi Kontrktor terhadap Lean Construction*". Doctoral Dissertation, UAJY: 2005.
- Womack, J. O., & Jones D. T. (1996). *Lean Thinking-Banish Waste and Create Wealth in Your Cooperation. Jurnal of the Operational Research Society, 48 (11), 1148.*
- Yudakusumah, T. "*Aplikasi Lean Construction untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu pada Proses Produksi di Industri Precast*". Universitas Indonesia: Tesis: 2012