

# Identifikasi *Waste* menggunakan Metode Borda dan Penerapan *Lean Construction Tools* dengan *Root Cause Analysis* (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gelanggang Inovasi dan Kreatif Universitas Gadjah Mada)

Ardymas Febrian Saputra\*, Muji Rifai, Fajar Sri Handayani

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

**Abstrak:** Dalam pembangunan bangunan sipil sering terjadi masalah, terutama karena adanya pemborosan dalam bentuk *non-value added activity*. Pemborosan ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti *man, money, material, machine, method*, dan *minute*. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan inovasi seperti penerapan manajemen *Lean Construction* yang bertujuan untuk menginvestigasi dan mengurangi pemborosan. Salah satu metode untuk mengidentifikasi pemborosan adalah dengan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA). Dalam penelitian kali ini akan berfokus untuk mengidentifikasi variabel serta faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya *waste* berupa *non-value added activity* yang paling berpengaruh apabila terjadi pada Proyek Gelanggang Inovasi dan Kreatif UGM. Penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan identifikasi, analisis, dan memberikan rekomendasi dari *waste* yang terjadi dengan menggunakan pendekatan terhadap konsep *Lean Construction*. Penelitian ini menggunakan data berupa kuesioner yang diisi oleh pekerja terkait dan diolah dengan menggunakan metode borda. Dari analisis menggunakan metode tersebut akan didapatkan pembobotan dari masing-masing variabel serta faktor yang ada, selanjutnya hasil dari analisis tersebut akan digambarkan dalam bentuk grafik (*pie chart*) untuk mengetahui pemeringkatannya. Dari penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil berupa variabel serta faktor yang paling berpengaruh yaitu *Variabel Waste of Money* (bobot 0,2009 atau 20,09%) dengan faktor yang paling mempengaruhinya yaitu "Terjadi Kesalahan Saat Perhitungan RAB" (bobot 0,2716 atau 27,16%).

**Kata Kunci:** *Lean Construction, Waste, Borda, RCA*

DOI:

<https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i2.3001>

\*Correspondence: Ardymas Febrian

Saputra

Email: [ardymas33@gmail.com](mailto:ardymas33@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:** *In the construction of civil buildings, problems often occur, mainly due to waste in the form of non-value added activities. This waste can be influenced by factors such as man, money, material, machine, method, and minute. To overcome this problem, innovations are needed such as the application of Lean Construction management which aims to investigate and reduce waste. One method to identify waste is by using Root Cause Analysis (RCA). In the research carried out this time, it will focus on identifying what variables and factors cause waste in the form of non-value added activity which has the most influence if it occurs in the UGM Innovation and Creative Center Project. This research aims to identify, analyze and provide recommendations for waste that occurs using an approach to the Lean Construction concept. This research uses data in the form of a questionnaire filled in by the relevant workers and processed using the borda method. From the analysis using this method, the weighting of each variable and existing factors will be obtained, then the results of the analysis will be depicted in the form of a graph (pie chart) to determine the ranking. From the research carried out, results were obtained in the form of the most influential variables and factors, namely the Waste of Money variable (weight 0.2009 or 20.09%) with the most influencing factor being "An error occurred when calculating the RAB" (weight 0.2716 or 27, 16%).*

**Keywords:** *Lean Construction, Waste, Borda, RCA*

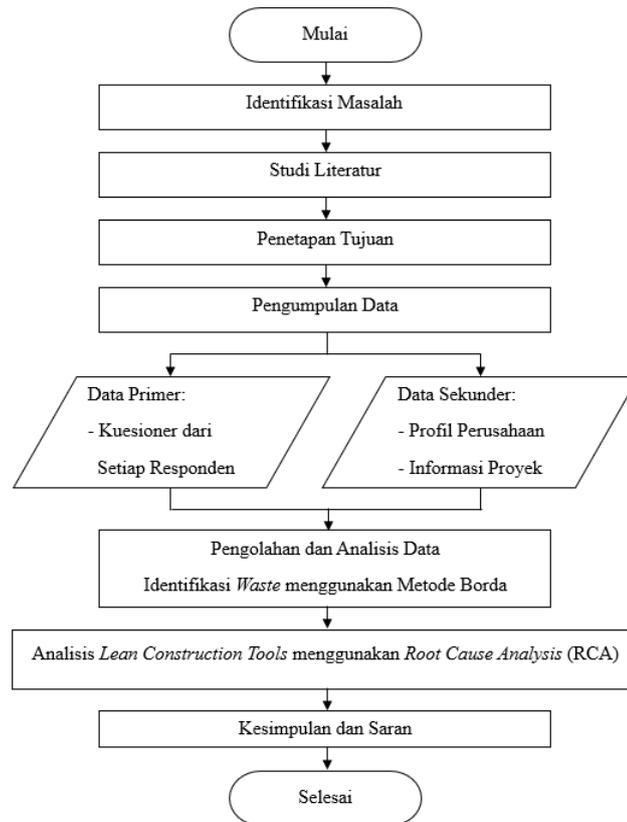
## Pendahuluan

Dalam berjalannya proyek konstruksi terkadang ditemukan kendala yang akan berpengaruh terhadap keberlangsungan proyek seperti perencanaan awal yang kurang baik, tenaga kerja yang bekerja dengan tidak produktif, membengkaknya anggaran biaya, dan penggunaan spesifikasi yang tidak sesuai. Proyek konstruksi pada umumnya memiliki risiko dalam hal pemborosan biaya yang tinggi, sehingga banyak faktor-faktor penting yang berpengaruh terhadap hasilnya (Aravindh, 2024; Pradeep, 2024). Proyek sendiri direncanakan secara khusus melalui berbagai tahapan dengan perencanaan waktu, tenaga kerja, sumber daya, material, dan peralatan (Ashish, 2024; Ramani, 2024). Dengan tingginya risiko dalam proyek konstruksi maka metode pelaksanaan yang digunakan banyak berubah pula berguna untuk meminimalisir risiko tersebut, faktor terpenting yang mempengaruhi dalam keberlangsungan proyek biasanya dikenal sebagai 5M yaitu *Manpower, Machine, Material, Money* dan *Method* (Gartoumi, 2024; Saxena, 2024). Manajemen yang baik sangat diperlukan dalam keberlangsungan proyek untuk memastikan bahwa proyek tersebut dapat berjalan dengan baik serta tepat dalam menjalankan waktu, mutu, biaya yang sudah direncanakan (Erazo-Rondinel, 2021; M. W. A. Ibrahim, 2022).

PT Waskita Karya Persero dan PT Amarta Karya Persero telah melakukan penerapan terhadap prinsip-prinsip terkait penerapan *Lean Construction* dalam manajemen proyek yang berguna untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi terjadinya pemborosan, dan memberikan hasil proyek yang lebih optimal dan efisien (Heet, 2020; M. W. Ibrahim, 2017; Nguyen, 2018; Seleem, 2020). Penerapan *Lean Construction* dari kedua kontraktor tersebut telah terbukti pada Pembangunan Gelanggang Inovasi dan Kreatif UGM.

Dalam penelitian ini berisi tinjauan terhadap identifikasi variabel serta faktor penyebab dari *Waste* berupa *Non-Value Added Activity* yang memiliki pengaruh paling signifikan apabila terjadi dalam proyek konstruksi. Selain itu, dalam penelitian ini juga menganalisis mengenai akar masalah yang menyebabkan terjadinya *Waste* yang sudah teridentifikasi menggunakan konsep *Root Cause Analysis* (RCA), setelah itu dapat ditentukan rekomendasi solusi untuk mengurangi dan mencegah dengan menggunakan pendekatan *Lean Construction*. Dalam penelitian ini akan meninjau Proyek Gelanggang Inovasi dan Kreatif UGM. Penelitian ini memiliki beberapa tujuan yaitu mengidentifikasi variabel serta faktor penyebab *Waste* berupa *Non-Value Added Activity* yang paling berpengaruh, melakukan analisis faktor penyebab *Waste* berupa *Non-Value Added Activity* yang paling mempengaruhi, melakukan analisis akar masalah penyebab *Waste* berupa *Non-Value Added Activity* yang paling berpengaruh, serta memberikan rekomendasi solusi dari *Waste* berupa *Non-Value Added Activity* dengan menerapkan pendekatan *Lean Construction*

## Metode



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Identifikasi masalah: Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui apa saja permasalahan yang biasanya terjadi dalam proyek-proyek konstruksi di Indonesia. Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu adalah identifikasi *waste* berupa *non-value added activity*.
2. Studi literatur: Studi literatur digunakan sebagai dasar dalam menentukan tujuan dari penelitian. Dalam tahap ini akan dilakukan pengumpulan informasi sebanyak mungkin terkait topik yang dibahas dan akan digunakan sebagai acuan kedepannya.
3. Penetapan tujuan: Setelah di dapatkan dasar yang kuat langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan dari penelitian. Dalam penelitian ini tujuan utamanya adalah untuk melakukan identifikasi variabel serta faktor *waste* berupa *non-value added activity* yang paling berpengaruh pada proyek yang diteliti.
4. Pengumpulan data: Dalam penelitian ini menggunakan dua data yaitu data primer berupa kuesioner dan data sekunder berupa profil dari perusahaan dan informasi umum dari proyek yang diteliti.

5. Pengolahan dan analisis data: Setelah data primer dari proyek di dapatkan langkah selanjutnya adalah menganalisis dengan metode borda hingga di dapatkan pemeringkatan variabel serta faktor *waste* berupa *non-value added activity*.
6. Analisis *Lean Construction Tools*: Setelah di dapatkan hasil dari metode borda maka akan dilakukan analisis *Lean Construction Tools* dengan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) hingga di dapatkan akar permasalahannya.
7. Kesimpulan dan saran: Langkah terakhir dari penelitian ini adalah merangkum hal penting dari semua bab dan dimasukkan dalam kesimpulan. Saran juga diberikan untuk memberikan gambaran apa saja hal yang harus diperbaiki dalam penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

Kuesioner variabel *waste* pada penelitian pembangunan Gelanggang Inovasi dan Kreatif UGM mencerminkan persepsi responden terhadap variabel dan faktor penyebab *waste* terbesar dalam Proyek Gelanggang Inovasi dan Kreatif UGM. Sebelum melakukan pengambilan data maka harus diketahui terlebih dahulu populasi serta sampel agar data yang dikumpulkan dapat dipertanggungjawabkan. Populasi pada penelitian ini yaitu seluruh pekerja yang bekerja pada proyek pembangunan Gelanggang Inovasi dan kreatif UGM yang berjumlah 44 orang.

Jumlah sampel dalam penelitian ini dihitung menggunakan Rumus Slovin, sebagai berikut:

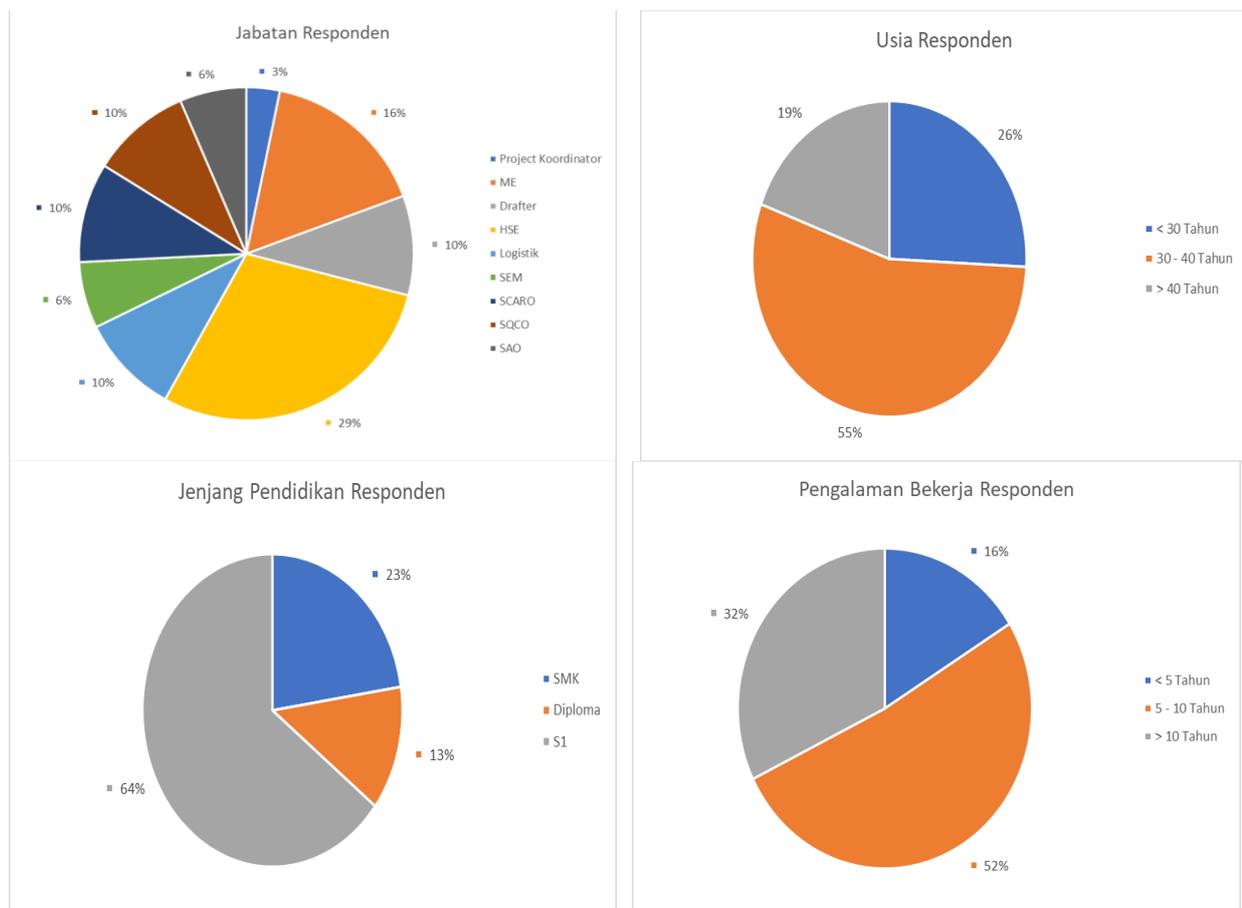
$$n = N / (1 + Ne^2) \quad (1)$$

dengan  $n$  = ukuran sampel,  $N$  = ukuran populasi dan  $e$  = *margin of error*

Dalam penelitian ini nilai  $e$  (*Margin of Error*) menggunakan sebesar 10% dikarenakan jumlah populasi yang ada kurang dari 100 orang, yaitu lebih tepatnya 44 orang diambil dari seluruh populasi ( $N$ ) yang berada pada proyek konstruksi, sehingga dari perhitungan rumus slovin didapatkan sebanyak 31 sampel.

## Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini nilai  $e$  (*Margin of Error*) menggunakan sebesar 10% dikarenakan jumlah populasi yang ada kurang dari 100 orang, yaitu lebih tepatnya 44 orang diambil dari seluruh populasi ( $N$ ) yang berada pada proyek konstruksi, sehingga dari perhitungan rumus slovin didapatkan sebanyak 31 sampel.

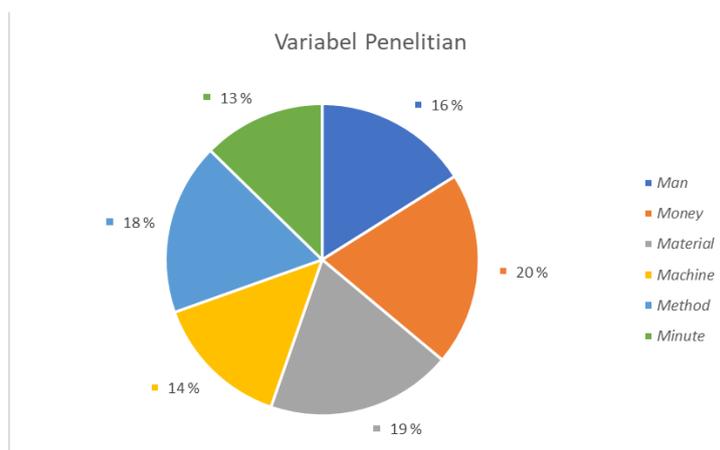


**Gambar 2.** Data Informasi Responden Pengisi Survei Kuesioner

Dari data hasil kuesioner yang sudah diperoleh selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan Metode Borda. Dengan dilakukannya analisis data menggunakan Metode Borda, maka akan diketahui bobot dari masing-masing variabel serta faktor *Waste* berupa *Non-Value Added Activity*. Berdasarkan hasil analisis yang sudah dilakukan dapat diketahui tiga variabel yang paling sering terjadi pada Proyek Gelanggang Inovasi dan Kreatif UGM, yaitu Variabel *Money* dengan nilai sebesar 89 poin (20%), Variabel *Material* dengan nilai sebesar 85 poin (19%), dan Variabel *Method* dengan nilai sebesar 79 poin (18%).

**Tabel 1.** Jumlah poin terhadap Variabel Penelitian

| No | Variabel Waste  | Jumlah Poin | Bobot  | Persentase (%) |
|----|-----------------|-------------|--------|----------------|
| 1  | <i>Man</i>      | 71          | 0,1603 | 16             |
| 2  | <i>Money</i>    | 89          | 0,2009 | 20             |
| 3  | <i>Material</i> | 85          | 0,1919 | 19             |
| 4  | <i>Machine</i>  | 63          | 0,1422 | 14             |
| 5  | <i>Method</i>   | 79          | 0,1783 | 18             |
| 6  | <i>Minute</i>   | 56          | 0,1264 | 13             |
|    | Total           | 443         | 1,0000 | 100            |



Gambar 3. Pie Chart Variabel Penelitian

Dari hasil penelitian variabel dapat dianalisis juga faktor penyebab *Waste* berupa *Non-Value Added Activity* yang paling berpengaruh menggunakan Metode Borda, sebagai berikut:

1. *Money*, Berdasarkan analisis mengenai faktor *waste* berupa *Non-Value Added Activity* tentang *waste of money*, dapat diketahui faktor yang memiliki pengaruh terbesar, yaitu “Terjadi Kesalahan saat Perhitungan RAB” dengan perolehan bobot sebesar 85 poin.

Tabel 2. Hasil Peringkat Faktor terhadap Variabel *Money*

| No. | Faktor <i>Waste of Money</i>           | Jumlah poin | Peringkat |
|-----|--|-------------|-----------|
| 1   | Waktu Lembur yang Berlebihan           | 57          | 3         |
| 2   | Denda Akibat Terlambat Membayar Subkon | 48          | 5         |
| 3   | <i>Supplier</i> Melakukan Kecurangan   | 53          | 4         |
| 4   | Terjadi Kesalahan Saat Perhitungan RAB | 85          | 1         |
| 5   | Terjadi Perubahan Harga atau Upah      | 70          | 2         |

2. *Material*, Berdasarkan analisis mengenai faktor *waste* berupa *Non-Value Added Activity* tentang *waste of material*, maka dapat diketahui faktor yang memiliki pengaruh terbesar, yaitu “Material Tidak Sesuai Spesifikasi” dengan perolehan bobot sebesar 81 poin.

Tabel 3. Hasil Peringkat Faktor terhadap Variabel *Material*

| No. | Faktor <i>Waste of Money</i>          | Jumlah poin | Peringkat |
|-----|---------------------------------------|-------------|-----------|
| 1   | Material Tidak Sesuai Spesifikasi     | 81          | 1         |
| 2   | Material Tidak Tepat Mutu             | 71          | 2         |
| 3   | Penyimpanan Material yang Buruk       | 55          | 3         |
| 4   | Material Dipesan Terlalu Banyak       | 50          | 4         |
| 5   | Material Hilang di Tempat Penyimpanan | 47          | 5         |

3. *Method*, Berdasarkan analisis mengenai faktor *waste* berupa *Non-Value Added Activity* tentang *waste of method*, maka dapat diketahui faktor yang memiliki pengaruh terbesar, yaitu “Metode Konstruksi yang Kurang Tepat” dengan perolehan bobot sebesar 83 poin.

**Tabel 4.** Hasil Peringkat Faktor terhadap Variabel *Method*

| No. | Faktor <i>Waste of Method</i>           | Jumlah poin | Peringkat |
|-----|---|-------------|-----------|
| 1   | Gambar Kerja yang Kurang Jelas          | 53          | 3         |
| 2   | Metode Konstruksi yang Kurang Tepat     | 83          | 1         |
| 3   | Metode Kerja yang Tidak Konsisten       | 60          | 4         |
| 4   | Terjadi Kesalahan pada SOP              | 64          | 2         |
| 5   | Terjadi Ketidaktuntasan Klarifikasi PCM | 47          | 5         |

### Analisis Root Cause dengan The 5-Why's Method

Dalam penelitian ini akan memprioritaskan 3 dari 6 variabel *waste* dalam penelitian untuk dibahas lebih mendalam mengenai akar permasalahan beserta solusi penyelesaiannya dengan melakukan pendekatan mengenai *Lean Construction*.

**Tabel 5.** Analisis Akar Penyebab *Waste* dengan The 5-Why's Method

| Variabel Penelitian | Faktor                                 | Why's 1   | Why's 2   | Why's 3   | Why's 4   | Why's 5  |
|---------------------|--|---|---|---|---|--|
| <i>Money</i>        | Terjadi Kesalahan Saat Perhitungan RAB | Adanya kesalahan dalam penginputan data RAB             | Kurangnya pemahaman tentang detail pekerjaan pada proyek                  | Kurangnya komunikasi yang baik selama proses penyusunan RAB                       | Adanya berbagai perubahan selama bejalannya proses proyek konstruksi      | Kurangnya data yang lengkap dan terbaru dalam penyusunan RAB                                   |
|                     | Material Tidak Sesuai Spesifikasi      | Material memiliki kualitas yang kurang baik             | Terdapat perbedaan kualitas material yang datang dengan yang direncanakan | Adanya kesalahan <i>supplier</i> dalam mengirimkan material yang sudah ditentukan | Adanya kelalaian dalam melihat spesifikasi material yang sudah ditentukan | Terjadi <i>interpretasi</i> spesifikasi dalam kontrak yang sudah ditentukan                    |
| <i>Method</i>       | Metode Konstruksi yang Kurang Tepat    | Kurangnya pemahaman mengenai kondisi geografis setempat | Kurangnya analisis terhadap risiko dalam proyek konstruksi                | Terdapat berbagai perubahan yang tidak terduga selama proses pekerjaan proyek     | Kurangnya komunikasi terhadap perubahan yang ada selama proyek konstruksi | Kurangnya evaluasi dan revisi dalam menghadapi perubahan yang terjadi selama proyek konstruksi |

Berdasarkan kesimpulan analisis akar penyebab yang ada pada **Tabel 5**, dapat diambil kesimpulan bahwa penyebab yang paling mempengaruhi dari variabel *Money* adalah kurangnya data yang lengkap dalam penyusunan RAB, sehingga berakibat terjadinya perhitungan RAB yang tidak akurat dalam perencanaan proyek konstruksi. Akar dari permasalahan yang paling mempengaruhi pada variabel *Material* adalah terjadi interpretasi spesifikasi dalam kontrak yang sudah ditentukan, sehingga kualitas yang ada tidak sesuai

dengan apa yang seharusnya. Akar dari permasalahan yang paling mempengaruhi pada variabel *Method* adalah Kurangnya evaluasi dan revisi dalam menghadapi perubahan yang terjadi selama proyek konstruksi, sehingga jalannya proyek konstruksi bisa terhambat

### **Rekomendasi Solusi terkait *Waste***

Berdasarkan hasil analisa yang sudah dilaksanakan menggunakan metode *The 5 Why's*, sehingga sebagai langkah pencegahan terhadap kejadian yang tidak diinginkan selama proses konstruksi dapat ditentukan suatu alternatif kebijakan. Kebijakan untuk menerapkan SOP yang jelas dan tepat dalam penyusunan RAB sehingga bisa mendapatkan harga yang akurat dan terkini serta memiliki informasi yang lengkap bisa digunakan untuk alternatif variabel *Money* yang disebabkan oleh terjadinya kesalahan saat perhitungan RAB, sehingga dalam berjalannya proyek konstruksi tidak terjadi pembengkakan biaya yang terlalu besar

Kebijakan untuk menyusun spesifikasi dalam kontrak dengan detail agar tidak terjadi penafsiran ganda bisa diterapkan untuk alternatif variabel *Material* yang diakibatkan karena material tidak sesuai spesifikasi, sehingga dengan adanya spesifikasi yang jelas maka material yang akan diberikan *supplier* sesuai dengan apa yang diharapkan. Sedangkan, kebijakan untuk mengadakan evaluasi dan revisi dengan rapat rutin agar bisa menyesuaikan dengan perubahan yang ada bisa diterapkan untuk alternatif variabel *Method* yang diakibatkan karena metode konstruksi yang kurang tepat, sehingga metode konstruksi yang digunakan dapat tepat dan sesuai dengan kondisi terbaru dari proyek konstruksi.

### **Simpulan**

Setelah dilakukan analisis yang sesuai dengan tujuan awal yang sudah dirumuskan, didapatkan kesimpulan dari penelitian mengenai identifikasi *Waste* berupa *NonValue Added Activity* pada Proyek Pembangunan Gelanggang Inovasi dan Kreatif UGM adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis menggunakan metode Borda yaitu :
  - variabel *money* dengan faktor penyebabnya yaitu terjadi kesalahan saat perhitungan RAB.
  - variabel *material* dengan faktor penyebabnya yaitu material tidak sesuai spesifikasi.
  - variabel *method* dengan faktor penyebabnya yaitu metode konstruksi yang kurang tepat.
2. Akar permasalahan penyebab *waste* yang paling sering terjadi dalam Proyek Pembangunan Gelanggang Inovasi dan Kreatif UGM adalah sebagai berikut:

- Variabel *waste of money* terjadi karena adanya kesalahan saat perhitungan RAB yang diakibatkan oleh kurangnya data yang lengkap dalam penyusunan RAB yang dapat mengakibatkan perhitungan tidak akurat.
  - Variabel *waste of material* terjadi karena adanya material tidak sesuai spesifikasi yang diakibatkan oleh terjadi interpretasi spesifikasi dalam kontrak yang sudah ditentukan yang dapat mengakibatkan penafsiran ganda sehingga material yang datang tidak sesuai dengan yang seharusnya.
  - Variabel *waste of method* terjadi karena adanya metode konstruksi yang kurang tepat yang diakibatkan oleh kurangnya evaluasi dan revisi dalam menghadapi perubahan yang terjadi selama proyek konstruksi yang dapat mengakibatkan terhambatnya pekerjaan proyek konstruksi.
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 menerapkan SOP yang jelas dalam penyusunan RAB sehingga bisa mendapatkan harga yang akurat dan terkini serta memiliki informasi yang lengkap, sehingga dalam berjalannya proyek konstruksi tidak terjadi pembengkakan biaya yang terlalu besar.
  - Pencegahan terhadap variabel *material* yang diakibatkan karena material tidak sesuai spesifikasi dapat dilakukan dengan menerapkan kebijakan untuk menyusun spesifikasi dalam kontrak dengan detail agar tidak terjadi penafsiran ganda, sehingga material yang akan diberikan *supplier* sesuai dengan apa yang diharapkan.
  - Pencegahan terhadap variabel *method* yang diakibatkan karena metode konstruksi yang kurang tepat dapat dilakukan dengan menerapkan kebijakan untuk mengadakan evaluasi dan revisi dengan rapat rutin agar bisa menyesuaikan dengan perubahan yang ada, sehingga metode konstruksi yang digunakan dapat tepat dan sesuai dengan kondisi terbaru dari proyek konstruksi.

### Daftar Pustaka

- Alarcón, L.F. (1997). *Tools for The Identification and Reduction of Waste In Construction Projects*.
- Al-Moghany, S. S. (2006). *Managing and Minimizing Construction Waste In Gaza Strip. Managing and Minimizing Construction Waste in Gaza Strip*.
- Aravindh, M. D. (2024). Identification of the Lean Tools Used in the Tamil Nadu Construction Industry. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 398, 583–594. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-6229-7\\_52](https://doi.org/10.1007/978-981-99-6229-7_52)
- Ashish, A. (2024). Exploring Defects in Construction— An Experimental Study. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 383, 389–399. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-5455-1\\_33](https://doi.org/10.1007/978-981-99-5455-1_33)

- Bhaskara, A., 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.
- Chasan Mudzakir, A., Setiawan, A., Agung Wibowo, M., & Radian Khasani, 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.
- Erazo-Rondinel, A. A. (2021). Diagnosis and improvement of the level of implementation of the Last Planner® System in a Construction project. *2021 7th Congreso Internacional de Innovacion y Tendencias En Ingenieria, CONIITI 2021 - Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/CONIITI53815.2021.9619594>
- Gartoumi, K. I. (2024). Implementing lean construction to improve quality and megaproject construction: a case study. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 29(1), 1–22. <https://doi.org/10.1108/JFMPC-12-2022-0063>
- Heet, M. R. A. H. Al. (2020). Investigation of the use of lean construction practices in transportation construction projects. *IGLC 28 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020*, 541–552. <https://doi.org/10.24928/2020/0121>
- Ibrahim, M. W. (2017). Implementation of lean thinking in planning piping hydro-testing activities. *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, MEOS, Proceedings, 2017*, 1159–1165. <https://doi.org/10.2118/183736-ms>
- Ibrahim, M. W. A. (2022). Low Capital Investment Approach to Foster Organizational Change Towards a Continuous Improvement Culture. *Society of Petroleum Engineers - ADIPEC 2022*. <https://doi.org/10.2118/210825-MS>
- Kamaruzzaman, F. (2012). Studi Keterlambatan Penyelesaian Proyek Konstruksi (Study of Delay In The Completion of Construction Projects). *Jurnal Teknik Sipil Untan*, 12(2), 175–190.
- Kementerian PUPR. (2019). *Profil dan Pola Penanganan Risiko Penggantian dan/atau Duplikasi Jembatan Callender Hamilton (CH) di Lintas Utama Pulau Jawa*.
- Larkin, K., Odeyinka, H., & Eadie, R. (2012). An Exploration of Theoretical Concepts and Methods for Assessing Risk Impacts on the Variability between Contract Sum and Final Account in Design and Build Projects. *Association of Researchers in Construction Management*, 1, 337–346.
- Nguyen, T. (2018). A relook at plan reliability measurements in lean construction and new metrics from digitized practical implementation. *IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers*, 2, 1037–1046. <https://doi.org/10.24928/2018/0216>
- Pradeep, M. S. (2024). Identification and Reduction of the Manpower Waste in Construction Using Work-Sampling Analysis. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 383, 127–136. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-5455-1\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-99-5455-1_10)

- Presdir Bukaka Teknik Utama Tbk, & Pemrakarsa Proyek KPBU Jembatan Di Jawa. (2023). Rekonstruksi Jembatan CH, Tingkatkan Konektivitas Antar Wilayah. In Putrawan & R. E. Aprilia (Eds.), *Media Informasi Direktorat Jenderal Pembiayaan Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan* (1st ed., Vol. 4, pp. 1–25). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Ramani, V. (2024). Improving Handing Over of Residential Units Using Lean Tools. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 383, 285–290. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-5455-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-981-99-5455-1_23)
- Rani, H. A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Deepublish.
- Saxena, A. K. (2024). Cycle-Time Improvement Through Collaborative Planning System. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 383, 343–350. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-5455-1\\_29](https://doi.org/10.1007/978-981-99-5455-1_29)
- Seleem, S. N. (2020). A lean manufacturing road map using fuzzy-DEMATEL with case-based analysis. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(5), 917–942. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2017-0147>
- Russell, N. (2007). *Complexity of control of Borda count elections* [A Thesis Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Computer Science, Rochester Institute of Technology].
- Tamallo, M. G., & Nursin, A. (2020). Evaluasi Non-Physical Waste dengan *Lean Construction* pada Proyek Gedung Sanggala. *PROKONS: Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 12–18.
- Torres Formoso, C., Luís Isatto, E., & Hirota, E. H. (1999). Method for Waste Control In The Building Industry. In *Proceedings IGLC (Vol. 7, p. 325)*, 325–334.
- Wardhana, A., Santoso, R., Sofianiyatin, L., Maulidizen, A., Apriyanti, Sari, F. P., Sihab, M., Rosiana, M., Kosasih, Mahanani, E., Dyanasari, Abdurohim, Mulyadi, Y. E., Aziz, A. A., & Kusnadi, I. H. (2022). *Konsep dan Implementasi Manajemen Strategi* (Suwandi, Ed.). Eureka Media Aksara.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (2010). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth In Your Corporation*. Simon and Schuster.