

Identifikasi *Waste* pada Proyek Konstruksi dengan Penerapan Metode *Lean Project Management* (Studi Kasus: Penataan Kawasan Jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah)

Nuril Fitriani¹, Waluyo Nuswantoro², Almuntofa Purwantoro³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

Jl. Yos Sudarso, Palangka Raya, Kalimantan Tengah

¹E-mail: nurilfrn@gmail.com

Abstract — Delays caused by waste in construction projects are problems that often occur in the implementation of construction projects. In the Kahayan Bridge Area Arrangement construction project in Central Kalimantan Province, there was a time mismatch in the implementation of the project which was known to be caused by waste. This study aims to obtain the identification of waste that occurs and minimize waste that occurs in the implementation of the construction project of the Kahayan bridge area arrangement of Central Kalimantan Province. Data collection is carried out by distributing questionnaires and interviews, the types of waste in the questionnaire are obtained from comparison with previous studies regarding the application of Lean Project Management to find out waste and minimize it. Based on the results of data analysis with the Borda method, it is known that there are several wastes in project implementation is waiting time waste, unsatisfied design waste, and overproduction waste that occur in the project. The solution given to minimize waste waiting time is to increase the time agreed upon by the work owner and implementer. The solution given to minimize overproduction waste is to make adjustments to the method and time of work. And the solution given to minimize inappropriate design waste is to adjust the use and amount of material to the new design.

Keywords: lean project management; waste; Borda method; Root Cause Analysis

Abstrak — Keterlambatan yang diakibatkan oleh waste (pemborosan) pada proyek konstruksi merupakan permasalahan yang sering terjadi pada pelaksanaan proyek konstruksi. Pada proyek pembangunan Penataan Kawasan Jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah terjadi ketidaksesuaian waktu dalam pelaksanaan proyek yang diketahui disebabkan oleh adanya waste (pemborosan). Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh identifikasi waste (pemborosan) yang terjadi dan meminimalisir waste (pemborosan) yang terjadi pada pelaksanaan proyek konstruksi pembangunan penataan kawasan jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan penyebaran kuesioner dan wawancara, jenis – jenis waste (pemborosan) pada kuesioner didapatkan dari perbandingan dengan penelitian – penelitian terdahulu mengenai penerapan Lean Project Management untuk mengetahui waste (pemborosan) dan meminimalisirnya. Berdasarkan hasil analisis data dengan metode Borda diketahui terdapat beberapa waste (pemborosan) pada pelaksanaan proyek adalah waste waktu menunggu (waiting), waste desain yang tidak sesuai (unsatisfied design), dan waste produksi berlebihan (overproduction) yang terjadi pada proyek. Solusi yang diberikan untuk meminimalisir waste waktu menunggu (waiting) adalah dilakukan penambahan waktu yang telah disepakati oleh pemilik pekerjaan dan pelaksana. Solusi yang diberikan untuk meminimalisir waste diproduksi secara berlebihan (overproduction) adalah dengan melakukan penyesuaian kembali terhadap metode dan waktu pengerjaan. Dan solusi yang diberikan untuk meminimalisir waste desain yang tidak sesuai adalah dilakukan penyesuaian penggunaan dan jumlah material terhadap desain yang baru.

Kata-kata kunci: lean project management; pemborosan; metode Borda; Root Cause Analysis.

I. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi merupakan pekerjaan yang harus direncanakan terlebih dahulu sebelum dilakukan, dan membutuhkan sumber daya yang lengkap (biaya, tenaga kerja, material dan peralatan). Proyek akan dinyatakan baik apabila pelaksanaan proyek dinyatakan efisien baik dari waktu dan biaya maupun dari segi efisiensi operasional baik manusia maupun material. Di dalam pelaksanaannya, salah satu kendala yang

dapat terjadi pada proyek konstruksi adalah adanya pemborosan (*waste*). Keberhasilan dalam pelaksanaan proyek konstruksi dengan waktu pengerjaan proyek merupakan keinginan dari pemilik proyek. Oleh karena itu, setiap pelaksanaan proyek konstruksi memerlukan perencanaan waktu yang baik, yang bertujuan untuk menghindari atau meminimalisir terjadinya keterlambatan yang memungkinkan dapat terjadi, diantaranya

keterlambatan akibat terjadinya *waste* (pemborosan). Pada proyek pembangunan penataan kawasan jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah terjadi ketidaksesuaian waktu dalam pelaksanaan proyek. Ketidaksesuaian waktu tersebut menyebabkan proyek mengalami keterlambatan dalam waktu yang telah direncanakan pada awal waktu pengerjaan proyek antara rencana awal dengan realisasi yang ada pada pelaksanaan proyek. Pada proyek ini keterlambatan yang terjadi diketahui disebabkan oleh adanya *waste* (pemborosan) yang terjadi. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang Identifikasi *Waste* pada Proyek Konstruksi dengan Penerapan Metode *Lean Project Management* (Studi Kasus: Penataan Kawasan Jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan yang harus telah direncanakan dan memerlukan sumber daya yang lengkap dari segi biaya, tenaga kerja, material, maupun peralatan (Harpito, 2018).

Perencanaan Proyek Konstruksi

Perencanaan adalah proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran, termasuk menyiapkan sumber daya sehingga dapat tercapainya yang direncanakan (Faruqy, 2018). Dalam perencanaan suatu proyek konstruksi, sumber daya merupakan elemen penting yang harus diperhitungkan dengan cermat untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan suatu proyek (Nuswantoro, 2024)

Pelaksanaan Proyek Konstruksi

Pelaksanaan proyek adalah proses merubah sumber daya dan biaya tertentu secara terorganisasi menjadi hasil pembangunan yang sesuai dengan tujuan dan keinginan awal, dan seluruhnya harus dilaksanakan dalam jangka waktu yang telah ditentukan (Dipohusodo, 1996).

Lean Construction

Lean construction berasal dari *lean manufacturing* dari perusahaan industri manufaktur Toyota yang telah lama diterapkan yang memiliki tujuan untuk meningkatkan

value (nilai) dan mengurangi pemborosan (*waste*) (Sari, Munawaroh, & Saputro, 2022).

Lean Project Management

Lean Project Management adalah metode yang penerapannya digunakan untuk mengidentifikasi *waste* (*non value-adding activities*) dan kendala (resiko) yang berpotensi muncul saat pelaksanaan proyek, serta mengestimasi kebutuhan pelaksanaan proyek (waktu, biaya, sumber daya) (Permatasari, Profita, & Gunawan, 2022).

Prinsip – prinsip yang terdapat di dalam metode LPM (*Lean Project Management*) ialah sebagai berikut (Nurfitriansyah, Mulyani, & Indrayadi, 2019):

1. *Project System*
 - a. Identifikasi *waste*;
 - b. Identifikasi detail pekerjaan dengan *Work Breakdown Structure* (WBS).
2. *Leading People*
 - a. Identifikasi *stakeholder* yang berkaitan;
 - b. Mengelola *stakeholder*, dengan pendefinisian roles tiap-tiap *stakeholder*, dengan menggunakan matriks RACI, digunakan untuk proyek yang berhubungan dengan banyak pihak (biasanya hingga ratusan).
3. *Chartering*
Chartering merupakan suatu tahap pendefinisian visi dan tujuan proyek, dan menempatkan otoritas kepada pemimpin proyek untuk rencana proyek.
4. *Right Solution*
Pengambilan solusi ini digunakan dalam pemilihan solusi untuk menangani *waste* yang berpotensi muncul saat pelaksanaan proyek.
5. *Managing Variation*
Variasi di dalam proyek diartikan ketidakpastian, untuk itu pihak pelaksana perlu manage variasi, dengan cara mengestimasi sebelum pelaksanaan proyek baik dari segi biaya, waktu (penjadwalan) dan sumber daya yang digunakan.
6. *Project Risk Management*
7. *Project Plan*
8. Eksekusi
 - a. Proses pengendalian proyek;
 - b. Memonitor kinerja waktu ;
 - c. Mengembangkan sistem biaya atau jadwal terintegrasi *Lean Construction* dan *Lean Project Management*;

Waste

Pemborosan (*waste*) merupakan segala sesuatu di dalam sebuah proyek yang tidak memiliki nilai tambah, dan sebaliknya menambah biaya, sehingga dapat menjadi faktor penyebab proyek yang mengalami keterlambatan dalam penyelesaiannya (Perdana, Rahman, & Widjajanto, 2022).

Faktor yang menjadi penyebab dapat terjadinya *waste* dalam proyek ialah adanya ketidakefektifan yang terjadi pada beberapa faktor dalam pelaksanaan proyek (*man, method, machine, material, environment*), dalam hal ini dapat menjadi penyebab terjadinya keterlambatan dalam waktu pelaksanaan proyek (Nurfitransyah, Mulyani, & Indrayadi, 2019, 2019).

Dampak dari pemborosan (*waste*) yang terjadi pada suatu proyek konstruksi terbukti merugikan baik bagi produktivitas proyek maupun bagi lingkungan kerja proyek itu sendiri. (Yan & Nuswantoro, 2024)

Metode *Root Cause Analysis* (RCA)

Root Causes Analysis (RCA) merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan menganalisis akar penyebab permasalahan tersebut (Putra., 2023).

Teknik *5 Why's analysis* merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam metode *Root Cause Analysis* (RCA). Metode *5 why's analysis* digunakan untuk menggali lebih dalam sampai pada akar permasalahan yang sebenarnya, akar penyebab bisa diketahui dengan cara bertanya “mengapa” secara berulang kali hingga sampai pada satu titik dimana jawaban pertanyaan telah menunjukkan suatu akar masalah (Ikayanti, 2017).

III. METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek Pembangunan Penataan Kawasan Jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah di Jl. S. Parman. Penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Agustus sampai September di proyek Pembangunan Penataan Kawasan Jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah.

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan metode studi kasus. Dalam penggunaan metode studi kasus, peneliti

melakukan eksplorasi secara mendalam terhadap suatu program, kejadian, proses, aktivitas terhadap satu atau lebih objek penelitian (Sugiyono, 2013).

Pada pelaksanaan penelitian ini membutuhkan beberapa data, yaitu:

1. Data Primer

Data primer pada penelitian ini adalah:

- a. Kuesioner yang dibagikan kepada pihak – pihak yang terlibat selama pelaksanaan proyek.
- b. Wawancara yang akan dilakukan kepada site engineer mengenai penyebab – penyebab terjadinya *waste* dan solusi yang diberikan untuk meminimalisir *waste*.
- c. Observasi dengan tujuan melakukan pengamatan secara langsung terhadap *waste* yang terjadi pada proyek yang telah direncanakan.

2. Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini adalah:

- a. Informasi Proyek, dengan tujuan untuk mengetahui visi dan tujuan dari proyek yang sedang dikerjakan dengan data umum dari proyek.
- b. *Work-Breakdown-Structure*, dengan tujuan untuk mengetahui pengelompokan aktivitas – aktivitas pekerjaan secara keseluruhan.

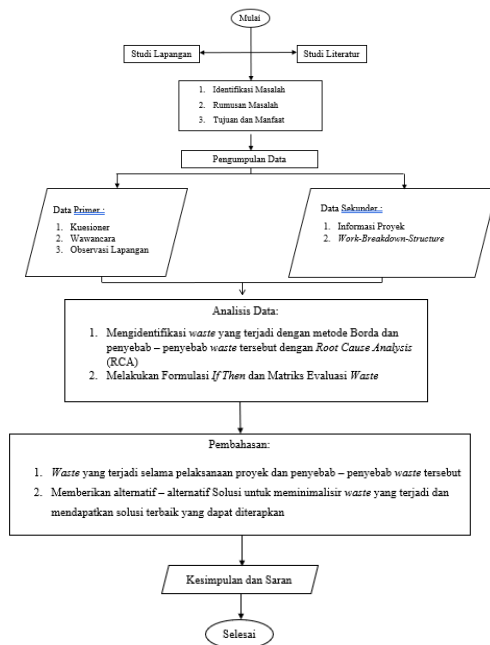
Analisis Data

Adapun langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi *waste* yang terjadi dengan menggunakan hasil dari kuesioner. Hasil kuesioner diolah dengan metode Borda, sehingga didapatkan *waste* yang terjadi selama pelaksanaan proyek. Analisis penyebab *waste* dilakukan dengan metode *Root Cause Analysis* (RCA), dengan tool/alat analisis “*5 why analysis*” melalui wawancara dengan *site engineer*. Peristiwa penyebab *waste* tersebut kemudian dilakukan identifikasi menggunakan formulasi *if then* untuk mengetahui tindakan-tindakan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir *waste*.
2. Identifikasi detail pekerjaan dengan *Work Breakdown Structure* (WBS) untuk memudahkan dalam pelaksanaan proyek.
3. *Stakeholder* atau pihak – pihak yang berkaitan selama pelaksanaan proyek.

4. Pendefinisian visi dan tujuan proyek untuk memperoleh informasi secara umum mengenai proyek yang sedang dilaksanakan tersebut.
5. Setelah mendapatkan solusi dari formulasi *if then*, maka solusi untuk penyebab terjadinya *waste* yang lebih dari satu akan diterapkan ke dalam matriks evaluasi untuk mendapatkan hanya satu solusi yang terbaik dengan dilakukan sistem pembobotan. Hasil dari pembobotan tersebut nantinya didapatkan *scoring* dari tiap-tiap solusi, sehingga nantinya diputuskan solusi mana yang diterapkan. Untuk *weight factor* (bobot) tiap-tiap kriterianya dinilai dengan rentang (1 sampai 10) berdasarkan prioritas dari proyek tersebut. Semakin tinggi bobot kriteria maka dianggap semakin penting (diutamakan). Untuk pembobotan pada ranking tiap-tiap kriterianya juga diberikan rentang (1 sampai 10). Semakin tinggi bobot yang diberikan maka dianggap semakin baik. Rumus untuk menentukan *weight score*, sebagai berikut :

$$weight\ score = weight\ factor \times\ ranking$$



Gambar 1. Bagan alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Palangka Raya, pada proyek Penataan Kawasan Jembatan

Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah. Penelitian ini dimulai dari Agustus 2024 sampai dengan September 2024 selama 2 bulan. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui hasil penyebaran kuesioner kepada pihak – pihak yang terkait dalam proyek dan wawancara yang dilakukan. Rumusan masalah dilakukan dengan membagikan kuesioner penelitian kepada *stakeholder* yang berkaitan selama pelaksanaan proyek. Kemudian dilakukan wawancara kepada *site engineer* untuk mengetahui penyebab – penyebab terjadinya *waste* (pemborosan) tersebut. Rumusan masalah yang kedua dilakukan dengan cara wawancara dan membagikan kuesioner kepada *site engineer*. Wawancara dilakukan untuk mengetahui solusi – solusi yang diberikan untuk meminimalisir *waste* yang terjadi. Pembagian kuesioner dilakukan untuk mengetahui solusi yang terbaik untuk dilakukan.

Informasi Umum Proyek

Proyek ini merupakan pembangunan *Water Front City*. *Water Front City* merupakan konsep pengembangan daerah pinggir sungai dengan desain bangunan yang memadai, baik dari aspek lingkungan maupun kesehatan. Proyek Pembangunan Penataan Kawasan Jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah yang sedang berjalan ini berfokus pada area Taman Pasuk Kameluh dan Masjid.

1. Visi dari proyek Penataan Kawasan Jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah adalah proyek pembangunan *Water Front City*.
2. Tujuan dari pembangunan *Water Front City* merupakan pengembangan daerah pinggir sungai dengan desain bangunan yang memadai, baik dari aspek lingkungan maupun kesehatan.

Detail Pekerjaan Proyek

Pengelompokan aktivitas – aktivitas pekerjaan proyek harus dikerjakan berdasarkan *Work Breakdown Structur* (WBS) proyek. Pada proyek Penataan Kawasan Jembatan Kahayan Provinsi Kalimantan Tengah terdapat 4 sub pekerjaan, yaitu:

1. Pekerjaan Persiapan;
2. Pekerjaan *Lighting* Jembatan Kahayan;
3. *Dancing Fountain* Jembatan;
4. Bangunan Plaza 1.

Hasil Identifikasi *Waste*

Identifikasi *waste* pada pelaksanaan proyek dilakukan dengan observasi langsung, wawancara, dan pembagian kuesioner kepada 5 *stakeholder*. Setelah data kuesioner didapatkan, kemudian data tersebut diolah dengan metode Borda, yaitu dengan cara perhitungan untuk mendapatkan poin Borda adalah dengan mengalikan jumlah responden yang memilih urutan peringkat *waste* tersebut dengan bobot ranking dibawahnya, kemudian dijumlahkan dan didapatkan poin Borda dari masing – masing *waste* yang terjadi. Setelah itu poin Borda masing – masing *waste* dijumlahkan. Setelah dilakukan rekapitulasi dan pengolahan data kuesioner dengan metode Borda, selanjutnya mengurutkan *waste* berdasarkan besarnya poin Borda untuk mengetahui *waste* yang paling berdampak.

Tabel 1. Urutan *waste* yang terjadi berdasarkan poin Borda

No.	Jenis Waste	Nilai Borda
1	Waktu menunggu (<i>Waiting</i>)	29
2	Desain yang tidak sesuai (<i>Unsatisfied Design</i>)	24
3	Produksi berlebihan (<i>Overproduction</i>)	21
Jumlah		74

Penyebab Terjadi *Waste*

Dalam menganalisis penyebab terjadinya *waste* saat pelaksanaan proyek, digunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). Metode *Root Cause Analysis* (RCA) pada penelitian ini dengan *tool*/alat analisis “5 *why analysis*” yang dilakukan wawancara. Pada penerapannya 5 *why analysis* adalah bertanya sebanyak 5 kali mengenai kenapa penyebab itu bisa terjadi untuk mendapatkan penyebab awal dari terjadinya *waste* tersebut.

Tabel 2. RCA masing – masing *waste*

<i>Waste</i>	<i>Sub Waste</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>
<i>Waiting</i>	Keterlambatan akibat debit air yang turun	Terjadinya musim kemarau yang berkepanjangan	Cuaca buruk	
	Keterlambatan akibat perubahan desain	Penyesuaian desain terhadap lahan		
<i>Unsatisfied Design</i>	Perubahan pada desain	Desain belum sesuai dengan keinginan	Menyesuaikan desain terhadap lahan	
<i>Over production</i>	Material yang diproduksi secara berlebihan	Pemesanan material yang melebihi kebutuhan	Kebutuhan terhadap material yang tidak tetap	Perhitungan estimasi kebutuhan material yang tidak tetap
	Adanya perubahan desain	Desain belum sesuai dengan keinginan	Menyesuaikan desain terhadap lahan	

Dari analisis penyebab terjadi *waste* dengan metode *Root Cause Analysis* (RCA), diketahui bahwa masing – masing *waste* memiliki *sub waste* dengan akar penyebabnya. Berikut ini analisis mengenai akar penyebab dari masing – masing *sub waste*:

1. *Waste* waktu menunggu (*waiting*) memiliki 2 (dua) *sub waste*, yaitu : *sub waste* keterlambatan akibat debit air yang turun dengan akar penyebabnya adalah musim kemarau yang berkepanjangan disebabkan oleh keadaan cuaca yang buruk, dan *sub waste* keterlambatan akibat perubahan desain dengan akar penyebabnya adalah keinginan konsumen untuk kembali dilakukan penyesuaian desain terhadap lahan.
2. *Waste* Desain yang tidak sesuai (*Unsatisfied Design*) memiliki *sub waste*, yaitu: *Sub waste* akibat perubahan pada desain dengan akar penyebabnya adalah kondisi pada tersebut maka gambar desain harus disesuaikan terhadap lahan yang ada.
3. *Waste* Produksi berlebihan (*Overproduction*) memiliki 2 (dua) *sub waste*, yaitu: *sub waste* material yang diproduksi secara berlebihan dengan akar penyebabnya adalah Kebutuhan material yang tidak tetap tersebut disebabkan oleh perhitungan terhadap estimasi material yang tidak tetap, dan *sub waste* adanya perubahan pada desain dengan akar

penyebabnya adalah desain yang belum sesuai tersebut diakibatkan oleh kondisi lahan yang ada, maka desain yang digambarkan harus kembali disesuaikan dengan kondisi lahan.

Formulasi *If Then*

Dari uraian mengenai penyebab terjadinya *waste* dengan menggunakan metode RCA (*Root Cause Analysis*), didapatkan penyebab – penyebab dari *waste* waktu menunggu (*waiting*), *waste* desain yang tidak sesuai (*unsatisfied design*), dan *waste* produksi berlebihan (*overproduction*) yang terjadi pada saat pelaksanaan proyek. Dari penyebab – penyebab tersebut kemudian diidentifikasi tindakan – tindakan atau solusi yang dilakukan untuk dapat meminimalisir *waste* yang terjadi dengan menggunakan formulasi *if then*.

Tabel 3. Identifikasi tindakan dengan formulasi *if then*

<i>If</i>	<i>Then</i>	<i>When</i>
Keterlambatan akibat debit air yang turun	Dilakukan penambahan waktu yang telah disepakati oleh pemilik pekerjaan dan pelaksana	Saat pelaksanaan
	Melakukan penyesuaian kembali terhadap metode dan waktu pengerjaan	Saat pelaksanaan
Perubahan pada desain	Menyesuaikan kembali metode pekerjaan terhadap desain yang baru	Saat pelaksanaan
Material yang diproduksi secara berlebihan	Menyesuaikan penggunaan dan jumlah material terhadap desain yang baru	Saat pelaksanaan
	Menyesuaikan kembali kebutuhan material terhadap design yang baru	Saat pelaksanaan

Matriks Evaluasi *Waste*

Matriks evaluasi *waste* bertujuan untuk mengetahui solusi terbaik dari solusi yang lebih dari satu dengan waktu penerapan yang bersamaan. Untuk mengetahui Solusi terbaik tersebut, dilakukan pembobotan sehingga didapatkan skor pada tiap – tiap Solusi. Berdasarkan skor tersebut nantinya dapat diputuskan solusi mana yang mendapat “GO” atau “NOT GO”.

Dari formulasi *if then* yang telah dilakukan didapatkan bahwa terdapat dua *sub waste* yaitu keterlambatan akibat debit air yang turun dan

material yang diproduksi secara berlebihan. Kedua *sub waste* tersebut diolah dengan matriks evaluasi untuk dapat diketahui solusi terbaik yang untuk diterapkan.

Tabel 4. Matriks evaluasi *sub waste* keterlambatan akibat debit air yang turun

Kriteria	Weight Factor	Keterlambatan akibat debit air yang turun			
		Dilakukan penambahan waktu yang telah disepakati oleh pemilik pekerjaan dan pelaksana		Melakukan penyesuaian kembali terhadap metode dan waktu pengerjaan	
		Rangking	Weight score	Rangking	Weight score
Biaya	7	6	42	7	49
Waktu	8	8	64	8	64
Dampak terhadap hasil	8	7	56	8	64
Resiko	6	6	36	7	42
Total			198		219
GO/NOT GO		NOT GO		GO	

Tabel 5. Matriks evaluasi *sub waste* material yang diproduksi secara berlebihan

Kriteria	Weight Factor	Keterlambatan akibat debit air yang turun			
		Dilakukan penambahan waktu yang telah disepakati oleh pemilik pekerjaan dan pelaksana		Melakukan penyesuaian kembali terhadap metode dan waktu pengerjaan	
		Rangking	Weight score	Rangking	Weight score
Biaya	7	6	42	7	49
Waktu	8	8	64	8	64
Dampak terhadap hasil	8	7	56	8	64
Resiko	6	6	36	7	42
Total			198		219
GO/NOT GO		NOT GO		GO	

V. KESIMPULAN

1. Dari hasil analisis data dengan metode Borda diketahui terdapat beberapa *waste* (pemborosan), yaitu *waste* waktu menunggu (*waiting*), *waste* desain yang tidak sesuai (*unsatisfied design*), dan *waste* produksi berlebihan (*overproduction*) yang terjadi pada proyek. Hasil analisis dengan metode RCA (*Root Cause Analysis*), didapatkan akar penyebab dari *waste* yang terjadi adalah cuaca yang buruk, menyesuaikan desain terhadap lahan, dan perhitungan estimasi kebutuhan material yang tidak tetap.
2. Berdasarkan pengolahan data untuk meminimalisir *waste* (pemborosan) yang terjadi pada proyek dapat diketahui solusinya. Solusi yang diberikan untuk meminimalisir *waste* keterlambatan akibat debit air yang turun dari tabel di atas didapat bahwa dengan melakukan penyesuaian kembali terhadap metode dan waktu pengerjaan adalah solusi terbaik untuk dilakukan saat pelaksanaan proyek. Solusi yang diberikan untuk meminimalisir *waste*

material yang diproduksi secara berlebihan menyesuaikan penggunaan dan jumlah material terhadap desain yang baru. Dan solusi yang diberikan untuk meminimalisir waste perubahan pada desain adalah dengan menyesuaikan kembali metode pekerjaan terhadap desain yang baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, I. (1996). Manajemen konstruksi. Jilid I. Yogyakarta: kanisius.
- El Faruqy, M. (2018). Penerapan metode lean construction dan penjadwalan dengan CCPM pada proyek Unloading System Conveyor BC3 (*Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya*).
- Ikayanti, H. (2017). Analisis akar masalah (root cause analysis) kecurangan akademik pada saat ujian. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, 6(1).
- Harpito. (2018). Evaluasi perencanaan dan pengendalian proyek pembangunan air bersih dengan menggunakan metode lean project management. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 3(1), 38-45.
- Nurfitriansyah, M., Mulyani, E., & Indrayadi, M. (2019). Mengaplikasikan metode lean project management dan metode penjadwalan CCPM dalam tahap perencanaan proyek konstruksi. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 6(1).
- Nuswantoro, W. (2024). Buku referensi manajemen proyek konstruksi panduan teknik sipil dalam perencanaan dan pengendalian proyek konstruksi.
- Perdana, S., Rahman, A., & Widjajanto, T. (2022). Penerapan lean project management pada proyek pembangunan water treatment system di PT Karya Nurindo. *Faktor Exacta*, 15(3), 192-199.
- Permatasari, A. I., Profita, A., & Gunawan, S. (2022). Evaluasi metode lean project management pada proyek pelaksanaan pembangunan tangki premium, ADO, dan RFO di Pertamina RU V Balikpapan. *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, 6(1).
- Putra, L. A. (2023). *Analisis keselamatan konstruksi pada pekerjaan galian dan timbunan proyek konstruksi jalan*. Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia.
- Sari, O. L., Munawaroh, F. A., Saputra, A. A., Situmorang, R., & Irfandi, I. I. (2022). Implementasi lean construction tools pada proyek pembangunan jalan tol Balikpapan - Samarinda. *Racic: Rab Construction Research*, 7(1), 79-88.
- Sugiyono, D. (2013). Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D.
- Yan, D., & Nuswantoro, W. (2024). Analisis pengaruh lean construction yang dominan terhadap waste yang terjadi pada proyek konstruksi di Kota Palangka Raya. *Basement: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 84-91.