

Penerapan *Lean Project Management* pada Proyek Pembangunan *Water Treatment System* Di PT Karya Nurindo

Surya Perdana¹, Arif Rahman², Tulus Widjajanto³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Jan 10, 2022

Revised July 14, 2022

Accepted Sept 9, 2022

Keywords:

Lean Project Management

Waste

Proyek

CCPM

FMEA

ABSTRACT

PT Karya Nurindo merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa konstruksi pembangunan instalasi pengolahan air. Saat ini, PT Karya Nurindo sedang menjalankan proyek pembangunan *Water Treatment System* di Perum PERURI. Pengerjaan yang sedang dilakukan perusahaan tersebut adalah tanki penyimpanan limbah cair B3, pembuatan tanki ini penting sekali sebagai tempat penampungan limbah cair beracun agar memiliki tempat khusus dan tidak mencemari lingkungan. Dalam pengerjaan proyek terdapat kendala yang menyebabkan keterlambatan. Untuk mengurangi kerugian yang timbul maka perlu dilakukan perbaikan, seperti menghilangkan *waste* dan melakukan percepatan pengerjaan proyek. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* yang ada pada proyek pembangunan *Water Treatment System* agar pelaksanaan proyek dapat terlaksana dengan lebih efektif dan efisien. Langkah analisis dalam penelitian ini menggunakan metode LPM. Dari hasil dan analisis, diketahui bahwa *waste* yang terdapat pada pelaksanaan proyek adalah *Waste Waiting*. Dengan menggunakan analisis diagram *fishbone*, didapati bahwa penyebab munculnya *Waste Waiting* disebabkan oleh faktor lingkungan, yaitu jam kerja yang terbatas dan faktor material (material datang terlambat). Hasil dari analisis *Right Solution* Matriks Evaluasi didapati nilai *Weight Score* pada solusi pertama, yaitu dengan menambahkan jumlah pekerja dengan nilai 54 dan memasuki kategori "GO", dan dengan membeli material dalam jumlah banyak mendapat nilai 59 dan memasuki kategori "GO".

Copyright © 2022 Universitas Indraprasta PGRI.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Surya Perdana,

Program Studi Teknik Industri,

Universitas Indraprasta PGRI,

Jl. Nangka No. 58 C, Tanjung Barat, Jagakarsa, Jakarta Selatan.

Email: suryaperdana.st.mm@gmail.com

1. PENDAHULUAN

PT Karya Nurindo merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa konstruksi pembangunan instalasi pengolahan air. Saat ini PT Karya Nurindo sedang menjalankan proyek pembangunan *Water Treatment System* di Perum PERURI. Pengerjaan yang sedang dilakukan perusahaan tersebut adalah tanki penyimpanan limbah cair B3, pembuatan tanki penyimpanan limbah cair B3 ini sangat penting karena limbah B3 ini merupakan limbah yang berbahaya dan juga beracun sehingga perlu ada tempat penyimpanan khusus supaya tidak tercemar ke lingkungan. Dalam pengerjaan proyek tersebut terdapat beberapa kendala yang menyebabkan keterlambatan dari jadwal yang sudah direncanakan. Untuk mengurangi kerugian yang timbul maka perlu dilakukan perbaikan, menghilangkan *waste* dan melakukan percepatan pengerjaan proyek dengan sisa waktu yang masih tersedia. Jenis *waste* yang menjadi kendala utama adalah *waste waiting* yaitu banyaknya waktu menunggu untuk mengerjakan proyek.

Proyek konstruksi merupakan kegiatan yang harus dilakukan perencanaan terlebih dahulu sebelum dilakukan dan memerlukan sumber daya yang lengkap (biaya, tenaga kerja, dan peralatan). Perencanaan yang kurang baik akan berpengaruh kepada proyek konstruksi [1]. Perencanaan dan pengendalian waktu proyek merupakan hal yang sangat penting. Agar proyek dapat berjalan sesuai dengan waktu yang direncanakan dibutuhkan suatu sistem pengendalian waktu. Jika terdapat penyimpangan biaya dan waktu yang signifikan mengindikasikan bahwa pengelolaan proyek berjalan dengan tidak baik [2]. Di dunia konstruksi, pemborosan adalah salah satu faktor yang harus dihilangkan. Hal ini disebabkan pemborosan tidak memiliki nilai tambah pada suatu proyek, pemborosan merupakan faktor kegagalan pada pengerjaan sebuah proyek [3]. Masalah dalam proyek konstruksi yang sering dihadapi adalah di tahap pelaksanaan sering sekali terjadi perubahan dari rencana awal, sehingga mengakibatkan keterlambatan penyelesaian. Keterlambatan pekerjaan tersebut merupakan efek kombinasi dari ketergantungan antar pekerjaan dan variabilitas dalam setiap proses. [4].

Sebuah proyek dinyatakan baik jika penyelesaian proyek tersebut efisien dari segi waktu, biaya dan efisiensi kerja (manusia ataupun alat). Pemborosan (*waste*) merupakan segala sesuatu di dalam sebuah proyek yang tidak memiliki nilai tambah, dan sebaliknya menambah biaya [5]. Istilah *waste* disebut dengan *Non-Value-Added Activities* yang merupakan ketidakefektifan beberapa faktor di dalam pelaksanaan proyek (*man, method, machine, material, environment*), sehingga menyebabkan keterlambatan dalam penyelesaian proyek [6]. Kurang matangnya perencanaan proyek merupakan faktor penyebab terlambatnya suatu proses konstruksi. Untuk mengatasinya, perlu dilakukan pendekatan konsep lean agar dapat meminimalisir *waste* dan mengidentifikasi resiko dalam suatu proyek [7]. Permasalahan biaya dan keterlambatan proyek konstruksi dapat diatasi dengan penerapan *Lean*, konsep *Lean* bertumpu pada *value* yang maksimal dan *waste* yang minimal. Konsep *Lean* bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi pekerjaan yang tidak memiliki nilai tambah (*waste*) [8]. Untuk mengatasi pemborosan (*waste*) dalam suatu proyek diperlukan perbaikan perencanaan dengan menggunakan *Lean Project Management* yang didalamnya dilakukan identifikasi *waste*, identifikasi resiko, dan penjadwalan proyek dengan metode *Critical Chain Project Management* [9].

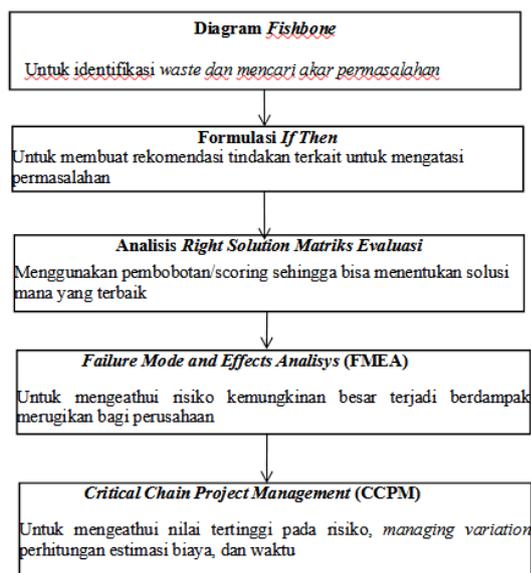
Untuk mengatasinya diperlukan perbaikan perencanaan dengan menggunakan pendekatan *Lean Project Management* (LPM), di dalam LPM dilakukan identifikasi *waste*, risiko dan estimasi kebutuhan proyek (waktu, sumber daya, dan biaya). Untuk estimasi waktu dilakukan dengan menggunakan metode penjadwalan *Critical Chain Project Management* (CCPM) [10]. Metode CCPM (*Critical Chain Project Management*) dapat menentukan penjadwalan suatu proyek agar selesai tepat pada waktunya, dengan CCPM rantai kritis yang dapat menyebabkan bottleneck dapat dihindari dengan cara menghilangkan multitasking dan memberi buffer di waktu akhir proyek [2].

Untuk mengurangi kerugian yang timbul dalam penelitian ini maka dilakukan perbaikan dengan menghilangkan *waste* dan melakukan percepatan pengerjaan proyek dengan sisa waktu yang masih tersedia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* yang ada pada proyek pembangunan *Water Treatment System*, sehingga dalam pelaksanaan proyek dapat terlaksana dengan lebih efektif dan efisien. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan analisis menggunakan metode *Lean Project Management* (LPM).

2. METODE

Penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif, pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dan observasi. Dalam pengolahan data dibagi menjadi 2 tujuan, yang pertama untuk mengidentifikasi *waste*, dan yang kedua untuk estimasi penjadwalan dan biaya proyek. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Lean Project Management* (LPM), dimana metode ini menggunakan 5 langkah seperti pada gambar 1.

Langkah pertama yang dilakukan dengan mengidentifikasi *waste* menggunakan diagram *fishbone*, diagram ini digunakan untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan dan mencari akar permasalahan, kemudian langkah kedua untuk membuat rekomendasi tindakan terkait untuk mengatasi permasalahan menggunakan formulasi *if then*, langkah ketiga untuk mengetahui langkah terbaik yang layak digunakan menggunakan analisis *right solution* matriks evaluasi, analisa ini menggunakan pembobotan/*scoring* sehingga bisa menentukan solusi mana yang terbaik. Langkah keempat adalah analisis risiko dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk mengetahui risiko kemungkinan besar terjadi berdampak merugikan bagi perusahaan dan mempunyai tingkat kesulitan yang tinggi, *form* penilaian risiko dengan menggunakan rumus perhitungan FMEA digunakan untuk langkah kelima yaitu untuk mengetahui nilai tertinggi pada setiap risiko, *managing variation* (perhitungan estimasi biaya, waktu dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) dan sumber daya digunakan untuk mengetahui perhitungan biaya waktu dan sumber daya yang lebih efisien, analisis *waste* digunakan untuk menganalisa masalah yang ditimbulkan dalam proyek dan analisis risiko digunakan untuk menganalisa risiko yang terjadi pada proyek.



Gambar 1. Langkah penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Waste

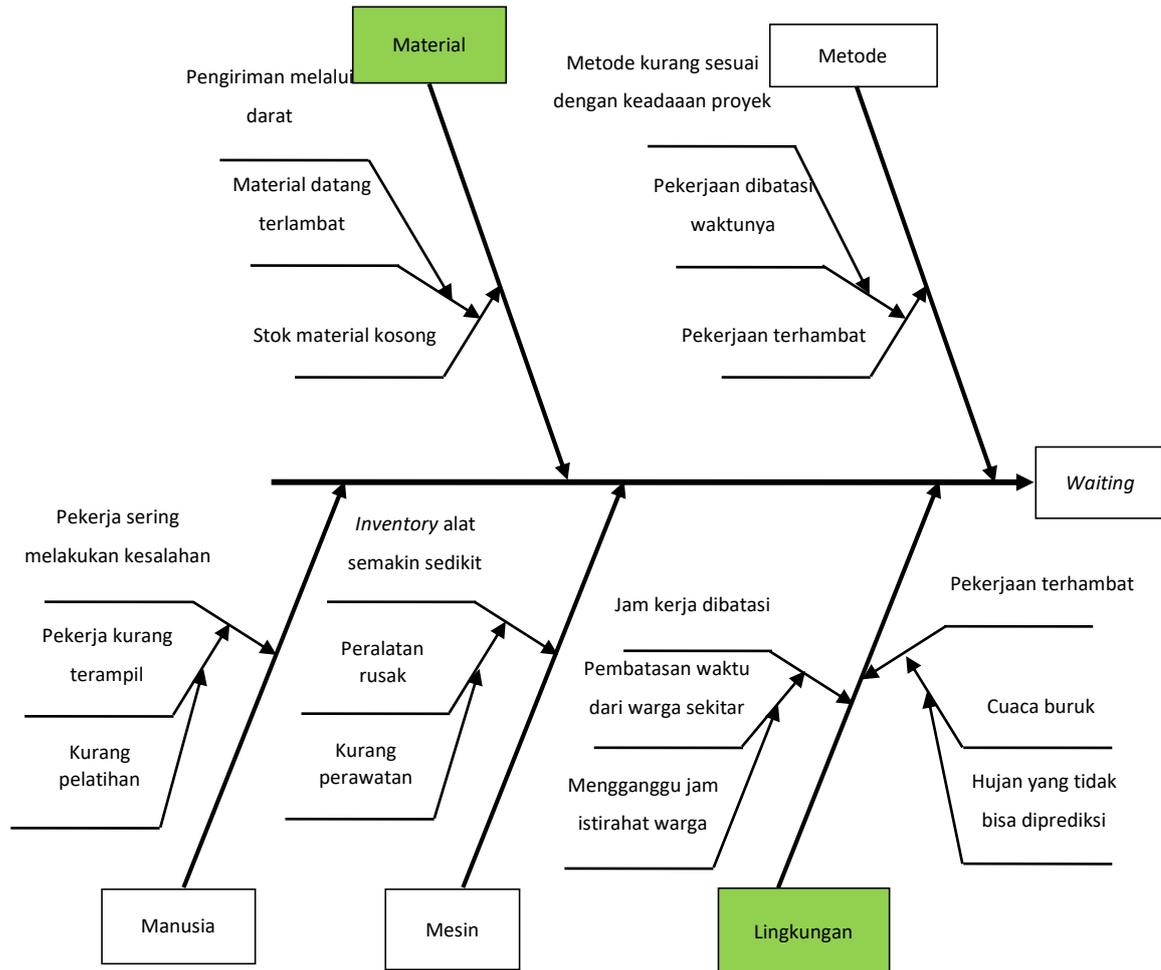
Kendala utama dalam mengerjakan proyek pembuatan tanki adalah *waste waiting*, berdasarkan diagram *fishbone* yang terdapat pada gambar 2 maka dilakukan analisis *waste waiting* yang muncul dalam proses pelaksanaan pembangunan *Water Treatment System* (tanki penyimpanan limbah cair B3), penyebab utama yang menyebabkan *waste waiting* adalah dari 2 faktor yaitu faktor lingkungan dan faktor material. Pada faktor lingkungan terdapat permasalahan terhadap jam kerja yang dibatasi hingga jam 17:00 WIB, sehingga pekerjaan struktur seperti pengeboran dan pengecoran tidak dapat terlaksana pada malam hari. Pembatasan jam kerja tersebut terjadi disebabkan terdapat penolakan dari warga sekitar kepada pihak pelaksana dikarenakan mengganggu jam istirahat warga. Pada faktor material terdapat permasalahan pada pengiriman material yang dikirimkan melalui jalur darat, terdapat hambatan dalam perjalanan sehingga pengiriman material tidak sesuai dengan jadwal yang sudah ditentukan.

Dengan permasalahan yang ada tentunya pekerjaan bisa dipastikan akan selesai tidak tepat waktu, yang menyebabkan kerugian dari segi waktu dan biaya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan rekomendasi tindakan yang dapat diambil oleh pihak pelaksana, yaitu dengan cara melakukan matriks evaluasi dan sesuai dengan formulasi *If Then* yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rekomendasi Solusi

<i>If</i>	<i>Controlling Waste Then</i>	<i>When</i>
Cuaca buruk	Mengajukan surat keterlambatan kerja yang dikarenakan cuaca buruk	Saat pelaksanaan
Jam kerja terbatas	Menambah jumlah pekerja.	Saat pelaksanaan
Material terlambat	Mengirim material dalam jumlah banyak.	Saat pelaksanaan

Berdasarkan tabel 1 rekomendasi yang dapat diambil adalah untuk faktor lingkungan (jam kerja terbatas) dengan melakukan penambahan jumlah pekerja yang nantinya akan dialokasikan untuk pekerjaan pengecoran. Penambahan pekerja dilakukan karena pada lingkungan proyek waktu pelaksanaan hanya dibatasi sampai jam 17:00 WIB. Pada cuaca buruk solusi terbaiknya dengan mengajukan surat keterlambatan kerja yang disebabkan oleh cuaca buruk. Pada material terlambat dengan cara membeli material dalam jumlah yang banyak. Pembelian material dalam jumlah banyak dipengaruhi oleh *Supplier* yang menjadi rekanan PT Karya Nurindo. Dari 3 rekomendasi tersebut diatas maka langkah selanjutnya melakukan analisa *Right Solution Matriks Evaluasi* untuk mengetahui solusi yang paling layak digunakan.



Gambar 2. Diagram Fishbone

3.2. Analisa Right Solution Matriks Evaluasi

Right Solution Matriks Evaluasi bertujuan untuk mengetahui solusi yang layak digunakan. Dengan melakukan pembobotan/Scoring dari setiap solusi yang ada sehingga diputuskan mana yang mendapatkan “GO” yang berarti menjadi solusi pertama yang digunakan, atau “NOT GO” yang berarti menjadi solusi kedua yang digunakan (Untu, 2014). Terdapat dua penyebab yang memenuhi kriteria tersebut, yaitu karena jam kerja yang terbatas dan keterlambatan kedatangan material. Langkah selanjutnya adalah pengolahan ke dalam Matriks Evaluasi untuk mendapatkan solusi terbaik berdasarkan beberapa kriteria yang ada. Matriks evaluasi lingkungan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Matriks Evaluasi Faktor Lingkungan (Jam Kerja Terbatas)

Kriteria	Weight Factor	Lingkungan (Jam Kerja Terbatas)			
		Menambah jumlah pekerja	Weight Score	Mempercepat pekerjaan saat jam kerja normal	Weight Score
		Ranking		Ranking	
Biaya	4	4	16	1	4
Waktu	5	4	20	3	15
Dampak terhadap hasil	3	3	9	4	12
Risiko	3	3	9	3	9
Total			54		40
GO NOT GO			GO		NOT GO

Pada tabel 2 Matriks Evaluasi faktor lingkungan didapatkan nilai Weight Score pada solusi pertama yaitu dengan menambah jumlah pekerja dengan nilai 54 dan memasuki kategori “GO” dan Weight Score pada solusi kedua yaitu dengan mempercepat pekerjaan saat jam kerja normal mendapatkan nilai 40 dan memasuki kategori “NOT GO”. Untuk matriks evaluasi material dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Matriks Evaluasi Faktor Material

Kriteria	Material (Keterlambatan Kedatangan Material)				
	Weight Factor	Membeli material ditoko yang berada sekitar proyek		Membeli material dalam jumlah banyak	
		Ranking	Weight Score	Ranking	Weight Score
Biaya	4	3	12	4	16
Waktu	5	2	10	3	15
Dampak terhadap hasil	3	3	9	4	12
Risiko	4	3	12	4	16
Total			43		59
GO NOT GO			NOT GO		GO

Pada tabel 3 Matriks Evaluasi faktor material didapatkan nilai *Weight Score* pada solusi pertama yaitu dengan membeli material di toko yang berada disekitar proyek dengan nilai 43 dan memasuki kategori “*NOT GO*” dan *Weight Score* pada solusi kedua yaitu dengan membeli material dalam jumlah banyak mendapatkan nilai 59 dan memasuki kategori “*GO*”.

Berdasarkan tabel 2 dan tabel 3, didapatkan solusi terbaik dari faktor lingkungan adalah dengan menambah jumlah pekerja dan dari faktor material adalah dengan cara membeli material dalam jumlah yang banyak.

3.3. Analisa Risiko

Identifikasi risiko dilakukan dengan menggunakan *Risk Priority Number* (RPN) pada setiap risiko yang sesuai dengan hasil wawancara kepada kelapa proyek. RPN dimulai pada angka 1 sampai dengan angka 5 pada setiap indikator. Pada angka 1 memiliki penilaian *Very Low* sampai dengan angka 5 memiliki penilaian *Very High*. Berikut ini adalah *Form* penilaian risiko pada pekerjaan pembangunan *Water Treatment System* (tanki penyimpanan limbah cair B3) yang dikerjakan oleh PT Karya Nurindo di Perum PERURI dengan menggunakan perhitungan rumus FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*), rumus untuk menentukan FMEA dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{FMEA} = \text{Kemungkinan} \times \text{Dampak} \times \text{Kesulitan Deteksi}$$

Tujuan dari penilaian risiko adalah untuk mengetahui risiko kemungkinan besar terjadi berdampak merugikan bagi perusahaan dan mempunyai tingkat kesulitan yang tinggi. Semakin tinggi nilai FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) maka pihak perusahaan harus waspada terhadap risiko ataupun peristiwa yang muncul. Adapun hasil penilaiannya yang terdapat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. *Form* Penilaian Risiko

Indikator risiko	Kemungkinan	Dampak	Deteksi kesulitan	FMEA	Kapan
<i>Acts Of God</i>	3	5	5	75	Saat pelaksanaan
Masalah penyediaan sumber daya	3	5	3	45	Sebelum dan saat pelaksanaan
Kondisi waktu pelaksanaan yang buruk	3	4	3	36	Saat pelaksanaan
K3	2	3	2	12	Saat pelaksanaan
Kerusakan alat	2	4	2	16	Saat pelaksanaan

Dari pengolahan data diatas pada tabel 4 *Form* Penilaian Risiko hasil yang didapatkan pada indikator *Act of God* dengan FMEA sebesar 75. Pada indikator pada penyediaan sumber daya (manusia, material, dan alat) dengan nilai FMEA 45. Indikator pada kondisi pelaksanaan proyek yang buruk dengan nilai FMEA 36. Indikator pada K3 dengan nilai FMEA 12. Indikator pada kerusakan alat dengan nilai FMEA 16.

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 4 maka langkah selanjutnya dilakukan pembuatan tabel *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Tabel *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) berfungsi untuk memberikan pembobotan berdasarkan penyebab yang terjadi berdasarkan dampak yang timbul pada suatu kesalahan yang terjadi (*Severity*), penyebab kegagalan yang terjadi (*Occurance*), dan mendeteksi penyebab terjadinya suatu bentuk kegagalan (*Detection*), untuk menghasilkan nilai angka prioritas risiko *Risk Priority Number* (RPN), Adapun tabel *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) yang terdapat pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*

No	Jenis Waste	Potensial Failure Mode	Potensial Effect or Failure	S	Potensial Cause of Failure	O	Control	D	RPN
1	Cuaca buruk	Cuaca yang tidak menentu	Pekerjaan konstruksi terhambat	3	Faktor alam	3	Melihat prakiraan cuaca yang dikeluarkan BMKG	5	75
2	Masalah dalam penyediaan sumber daya	Material terlambat	Pekerjaan konstruksi terhambat	3	Jalur pengiriman melalui darat	5	Mengontrol pembelian material	3	45
3	Kondisi waktu pelaksanaan waktu yang buruk	Tidak sesuai dengan jadwal	Pekerjaan konstruksi terhambat	3	Jam kerja dibatasi	4	Penjadwalan ulang	3	36
4	K3	Kurang disiplin	Tidak menggunakan APD	2	Kecelakaan kerja	3	Mendisiplinkan pekerja	2	12
5	Kerusakan alat	Kurang perawatan	Memperlambat pekerjaan	2	Alat tidak bisa digunakan	4	Melakukan perawatan rutin	2	16

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui suatu kegagalan pelaksanaan proyek dapat dilakukan kontrol. Setelah pembuatan FMEA maka dilakukan pengusulan rencana perbaikan yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Usulan Rencana Perbaikan

No	Jenis Waste	Potensial Failure Mode	Potensial Effect or Failure	Potensial Cause of Failure	Control	RPN	Usulan rencana perbaikan
1	Cuaca buruk	Cuaca yang tidak menentu	Pekerjaan konstruksi terhambat	Faktor alam	Melihat prakiraan cuaca yang dikeluarkan BMKG	75	Membuat surat keterlambatan
2	Masalah dalam penyediaan sumber daya	Material terlambat	Pekerjaan konstruksi terhambat	Jalur pengiriman melalui darat	Mengontrol pembelian material	45	Mengirim material dalam jumlah banyak
3	Waktu pelaksanaan yang buruk	Tidak sesuai dengan jadwal	Pekerjaan konstruksi terhambat	Jam kerja dibatasi	Penjadwalan ulang	36	Menambah pekerja
4	K3	Kurang disiplin	Tidak menggunakan APD	Kecelakaan kerja	Pendisiplinan pekerja	12	Pendisiplinan penggunaan APD
5	Kerusakan alat	Kurang perawatan	Memperlambat pekerjaan	Alat tidak bisa digunakan	Melakukan perawatan rutin	16	Membuat penjadwalan perawatan

Berdasarkan tabel 6 Usulan Rencana Perbaikan yaitu pada cuaca buruk diusulkan untuk membuat surat keterlambatan kerja yang dikarenakan cuaca buruk. Pembuatan surat tersebut untuk meminta waktu tambahan kepada pihak pemilik proyek karena terdapat pekerjaan yang mengalami keterlambatan yang dipengaruhi oleh faktor cuaca. Untuk masalah dalam penyediaan sumber daya (material, tenaga kerja, dan alat) diusulkan untuk mengirim material dalam jumlah banyak dalam waktu yang bersamaan. Untuk kondisi waktu pelaksanaan proyek yang buruk diusulkan untuk menambah pekerja, untuk K3 diusulkan untuk melakukan pendisiplinan penggunaan APD kepada pekerja, dan untuk kerusakan alat diusulkan untuk membuat jadwal perawatan yang rutin.

3.4. Analisa Penjadwalan dengan Kurva S dan CCPM

Penjadwalan untuk setiap pekerjaan menggunakan kurva S dan *Critical Chain Project Management (CCPM)*. Tujuan pembuatan kurva S untuk mengetahui target sebuah pekerjaan, mengetahui perkembangan setiap pekerjaan, dan juga untuk mengetahui kerumitan setiap pekerjaan yang dilakukan, sehingga pihak pelaksana dapat mengetahui pekerjaan mana yang harus lebih diperhatikan (Santoso, 2009). Pada gambar 2 Penjadwalan dengan Kurva S bisa diketahui bahwa pada proses pekerjaan struktur terdapat keterlambatan yang dikarenakan jam kerja yang dibatasi oleh warga sekitar, kegiatan itu tentunya dapat membatasi pekerjaan yang hanya bisa dilakukan pada malam hari seperti pekerjaan pengeboran dan pekerjaan pengecoran. Pada pekerjaan struktur bawah terdapat percepatan kembali yang dikarenakan terdapat penambahan pekerja yang dilakukan oleh PT Karya Nurindo.

Perhitungan percepatan dengan menggunakan CCPM dapat dilihat pada tabel 7. Dengan percepatan yang dilakukan durasi pekerjaan berubah menjadi 261 hari yang pada awal perencanaan awal memakan waktu selama 271 hari, yang artinya dengan perubahan metode tersebut dapat menghemat pekerjaan selama 10 hari

Tabel 7. Perhitungan *Project Buffer*

Jenis Pekerjaan	Waktu Tercepat (A)	Waktu yang masih menyimpan cadangan (S)	(S-A)/2	(S-A)/2 X (S-A)/2	
Pekerjaan Persiapan	147	147	0	0	
Pekerjaan Bongkaran					
Pekerjaan Struktur Bawah	28	28	0	0	
Pekerjaan galian Tanah Pondasi	35	35	0	0	
Pekerjaan Urugan tanah pondasi	28	28	0	0	
Pekerjaan Urugan tanah + pemadatan	21	21	0	0	<i>Buffer Time</i>
Pekerjaan Pondasi setapak (1200x1200)	14	14	0	0	
Pekerjaan Pedestal Kolom (250x400)	14	14	0	0	
Pekerjaan T-Beam (200x240)	35	35	0	0	
Pekerjaan Plat Lantai					
Pekerjaan Saluran	63	63	0	0	
Pekerjaan Tanggulan Area Tangki	63	63	0	0	
Pekerjaan Jalan Akses	62	63	0,5	0,25	
Pekerjaan Struktur Atas	61	63	1	1	
Pekerjaan Anchore	60	63	1,5	2,25	
Pekerjaan Kolom WF + Zinchromate-cat finish	62	63	0,5	0,25	
Pekerjaan Rangka Rafter WF + Zinchromate - cat finish	60	63	1,5	2,25	
Pekerjaan Atap	61	63	1	1	
Pekerjaan Atap Penampungan Limbah WTG Lini Baru	49	49	0	0	<i>Buffer Time</i>
Pekerjaan Finishing	49	49	0	0	
Pekerjaan Pasang Batu Hebel	49	49	0	0	
Pekerjaan Plesteran	48	49	0,5	0,25	
Pekerjaan Acian					
Pekerjaan pengecatan	63	63	0	0	
Pekerjaan Kusen Pintu dan Jendela	63	63	0	0	
Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing	63	63	0	0	
Pekerjaan Pembuatan WW Storage Tank cap 250 M3	63	63	0	0	
Pekerjaan Pembuatan WW Storage Tank cap 50 M3	28	28	0	0	
Pekerjaan Control dan Transfer Pump Gedung Produtas	63	63	0	0	
Pekerjaan Control dan Transfer Pump Lini Internasional	25	28	1,5	2,25	
Pekerjaan Control System WasteWater Storage	28	28	0	0	
Pekerjaan Lain-lain	28	28	0	0	
Total				9,5	10

Dari tabel 10 Perhitungan *Project Buffer* dapat diketahui bahwa dengan penyesuaian penjadwalan dengan menggunakan *Critical Chain Project Management (CCPM)* mengalami percepatan pekerjaan selama 10 hari.

4. PENUTUP

Dari hasil dan analisis data yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa penyebab munculnya *waste waiting* yang terdapat pada pelaksanaan proyek pembangunan *Water Treatment System* (tanki penyimpanan limbah cair B3) yang dikerjakan oleh PT Karya Nurindo di Perum PERURI adalah dikarenakan faktor lingkungan dan faktor material. Untuk mengatasi kendala *waste waiting* adalah dengan melakukan percepatan penyelesaian proyek dengan cara penambahan pekerja dan melakukan pengiriman material dengan jumlah banyak dalam waktu yang bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Artika, "Penerapan Metode Lean Project Management Dalam Proyek Konstruksi Pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Ogan Ilir," *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 2, no. 1, pp. 171–179, 2014.
- [2] A. Saputra, G. Putra, and F. Aguslita, "Pengendalian Waktu Proyek Menggunakan Metode Critical Chain Project Management (CCPM) Studi Kasus Pembangunan Proyek Irigasi Tahap II Kabupaten Aceh Barat," *J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 3, pp. 204–215, 2021.
- [3] Hatpito, Anwardi, and M. I. Hamdy, "Identifikasi Waste Proyek Konstruksi Jalan dengan Menggunakan Metode Lean Project Management," *J. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 115–124, 2019.
- [4] E. Febianti, L. Herlina, and A. Herfaisal, "Analisis Proyek Konstruksi Menggunakan Critical Chain

- Project Management dan Lean Construction Untuk Meminimasi Waste,” in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015*, 2015, pp. 1–15.
- [5] M. Nurfitriansyah, E. Mulyani, and M. Indrayadi, “Mengaplikasikan Metode Lean Project Management dan Metode Penjadwalan CCPM Dalam Tahap Perencanaan Proyek Konstruksi,” *JeLAST*, vol. 6, no. 1, pp. 200–214, 2019.
- [6] L. Nafiah, W. Fatmawati, and Nurwidiana, “Perencanaan Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Kampus 3 UIN Walisongo Semarang Dengan Metode Lean Project Management,” in *Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2*, 2019, pp. 244–254.
- [7] H. Prisilia and D. A. Purnomo, “Aplikasi Metode Lean Project Management Dalam Perencanaan Proyek Konstruksi Pada Pembangunan Gedung SMU Negeri 1 Giri Kabupaten Banyuwangi,” *J. Tek. WAKTU*, vol. 16, no. 1, pp. 16–29, 2018.
- [8] F. Nabila, “Kajian Implementasi Prinsip-Prinsip Konstruksi Ramping Menggunakan Building Information Modeling Di Industri Konstruksi,” *Rekayasa Sipil*, vol. 15, no. 2, pp. 111–118, 2021.
- [9] Harpito, Anwardi, and L. S. Tanjung, “Evaluasi Perencanaan dan Pengendalian Proyek Pembangunan Air Bersih Dengan Menggunakan Metode Lean Project Management,” *J. Tek. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 76–82, 2018.
- [10] S. H. S. Untu, A. K. T. Dundu, and R. J. M. Mandagi, “Penerapan Metode Lean Project Management Dalam Perencanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Mantos Tahap III),” *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 6, pp. 320–329, 2014.