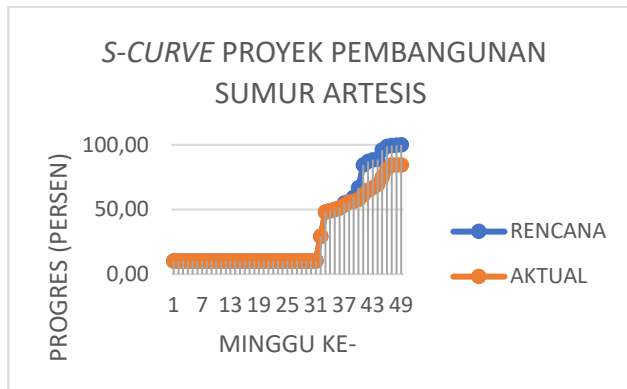


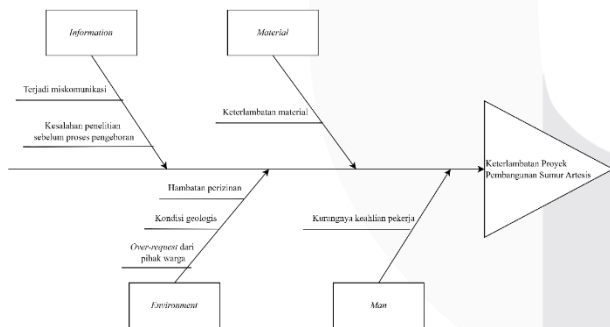
Berdasarkan Gambar 1 yang merupakan ilustrasi dari proses distribusi air bersih ke seluruh ruangan di rumah sakit yang membutuhkan pasokan air setelah pembuatan sumur artesis. Pada ilustrasi tersebut dijabarkan proses distribusi air melalui beberapa material yang digunakan. Dengan adanya sistem distribusi ini, pasokan air bersih dapat menjangkau seluruh ruangan yang membutuhkan secara merata dan berkelanjutan, mendukung operasional harian rumah sakit dan meningkatkan kualitas pelayanan terhadap pasien.

Dalam pelaksanaan pekerjaan, terjadi permasalahan yang menyebabkan proses tidak berjalan sesuai dengan *timeline* proyek yang telah direncanakan sejak awal. Beberapa pekerjaan tidak selesai tepat waktu sehingga berdampak pada mundurnya pekerjaan selanjutnya. Akibatnya, proyek mengalami kemunduran yang dapat berpengaruh terhadap pelaksanaan proyek. Berikut merupakan s-curve terkait rencana dan aktual pekerjaan Proyek Pembangunan Sumur Artesis:



Gambar 2 S-Curve Proyek Pembangunan Sumur Artesis

Berdasarkan Gambar 21, terlihat bahwa Proyek Pembangunan Sumur Artesis mengalami keterlambatan akibat beberapa permasalahan selama pelaksanaan. Proyek yang seharusnya berlangsung selama 4 bulan, dari Mei hingga September 2024, tidak selesai tepat waktu. Keterlambatan ini disebabkan oleh beberapa kendala dalam proses pengerjaan yang tergolong sebagai aktivitas waste. Penyebab keterlambatan berdasarkan hasil wawancara dengan *Project Manager* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Fishbone Diagram Proyek Pembangunan Sumur Artesis

Berdasarkan Gambar 3 yang merupakan *fishbone diagram* Proyek Pembangunan Sumur Artesis, diketahui bahwa keterlambatan proyek disebabkan oleh berbagai faktor yang dikategorikan ke dalam lima elemen utama, yaitu *man*, *material*, *method*, *information*, dan *environment*. Dari aspek *man*, keterbatasan keterampilan tenaga kerja menyebabkan terjadinya kesalahan teknis yang cukup signifikan, sehingga pekerjaan harus diulang dan berdampak pada bertambahnya durasi pelaksanaan. Pada elemen *material*, keterlambatan pengiriman barang dari luar negeri terjadi akibat ketidaklengkapan dokumen impor, yang menghambat proses pengadaan dan mengganggu jadwal pembangunan.

Sementara itu, pada elemen *information*, keterbatasan sarana komunikasi menimbulkan miskomunikasi antar pihak terkait, serta kesalahan pada tahap survei awal menyebabkan ketidaksesuaian pemasangan saluran air, yang akhirnya memerlukan perbaikan tambahan. Dari sisi *environment*, keterlambatan dalam proses perizinan dengan masyarakat sekitar dan otoritas lokal serta kondisi tanah yang tidak sesuai dengan perencanaan awal menyebabkan pekerjaan tambahan seperti pengeboran ulang dan instalasi saluran baru, yang berdampak pada penambahan waktu dan biaya proyek.

Permasalahan-permasalahan tersebut tergolong ke dalam *non-value-added activities* atau *waste*, yaitu kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah langsung terhadap hasil akhir proyek, namun justru menimbulkan pemborosan waktu, tenaga, dan sumber daya. Untuk mengatasi hal ini, diterapkan pendekatan *lean* yang berfokus pada pengurangan dan penghilangan *waste* melalui lima prinsip utama, yaitu *value*, *value stream*, *flow*, *pull*, dan *perfection* [3]. *Lean* merupakan pendekatan sistematis yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pelaksanaan proyek dengan mengidentifikasi serta menghilangkan aktivitas yang tidak bernilai tambah [4]. Dalam penelitian ini, prinsip *lean* digunakan untuk menilai dan meminimalkan *waste* yang terjadi selama pelaksanaan proyek. Hasil penilaian tersebut dijadikan dasar dalam merancang solusi perbaikan yang tepat, sehingga proses kerja dapat berjalan lebih efisien dan proyek dapat diselesaikan sesuai dengan target waktu yang telah ditetapkan.

II. KAJIAN TEORI

A. Proyek

Proyek adalah aktivitas sementara untuk menghasilkan produk, layanan, atau hasil unik [5]. Proyek terdiri dari serangkaian tugas terorganisir dalam jangka waktu tertentu dengan tujuan khusus dan dinyatakan selesai saat tujuan tercapai dan klien merasa puas [6]. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pengelolaan yang efektif agar proyek berjalan sesuai rencana.

B. Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan pengetahuan, keterampilan, dan teknik untuk mencapai hasil yang efektif dan efisien [5]. Proses ini mencakup koordinasi sumber daya, manajemen risiko, dan pengawasan. PMI membagi manajemen proyek ke dalam lima tahap:

1. *Initiating*: Menentukan tujuan, ruang lingkup, dan *stakeholder* proyek.
2. *Planning*: Menyusun rencana rinci terkait waktu, biaya, sumber daya, risiko, dan komunikasi.
3. *Executing*: Melaksanakan pekerjaan sesuai rencana serta mengelola tim dan *stakeholder*.
4. *Monitoring and Controlling*: Mengawasi pelaksanaan proyek, membandingkan dengan rencana, dan melakukan koreksi bila diperlukan.
5. *Closing*: Menyelesaikan proyek secara formal, menyerahkan hasil, dan melakukan evaluasi akhir.

C. Knowledge Area

Selain *process group*, manajemen proyek juga dibagi berdasarkan *Knowledge Area*, yaitu bidang pengetahuan yang mencakup proses, praktik, input, *tools & techniques*, dan *output* yang diperlukan untuk pengelolaan proyek secara efektif.

1. *Project Quality Management*

Project Quality Management bertujuan memastikan hasil proyek memenuhi standar yang ditetapkan dan harapan pemangku kepentingan [5]. Proses ini mencakup perencanaan kualitas, jaminan kualitas, dan pengendalian kualitas guna menjamin bahwa seluruh output sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

2. *Project Risk Management*

Project Risk Management adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, merespons, dan memantau risiko yang dapat memengaruhi tujuan proyek [5]

D. *Prinsip Lean*

Lean bertujuan menciptakan nilai bagi pelanggan dengan mengurangi pemborosan (*waste*) dalam [4]. Lima prinsip utama *lean* adalah:

1. *Value*, merupakan menentukan nilai dari sudut pandang pelanggan.
2. *Value Stream*, merupakan menganalisis seluruh proses untuk mengidentifikasi dan mengurangi *waste*.
3. *Flow*, merupakan menciptakan aliran kerja yang lancar tanpa hambatan.
4. *Pull*, merupakan produksi berdasarkan permintaan nyata, bukan perkiraan.
5. *Perfection*, merupakan perbaikan berkelanjutan untuk mencapai efisiensi maksimal.

E. *Lean Project Management (LPM)*

LPM adalah pendekatan manajemen proyek yang fokus pada penciptaan nilai maksimal dengan meminimalkan *waste* dan mengoptimalkan sumber daya [7]. Prinsip LPM meliputi:

1. *Project System*: Pengelolaan proyek secara sistematis.
2. *Leading People*: Kepemimpinan yang mendorong penerapan prinsip *lean*.
3. *Chartering*: Penetapan ruang lingkup dan tujuan proyek.
4. *Right Solution*: Pemilihan solusi terbaik.
5. *Managing Variation*: Pengendalian variasi.
6. *Project Risk Management*: Identifikasi dan pengelolaan risiko.
7. *Project Plan*: Penyusunan rencana proyek yang efisien.
8. Eksekusi: Pelaksanaan proyek sesuai prinsip *lean*, dengan fokus pada *flow*, *pull*, dan perbaikan berkelanjutan.

F. *Waste*

Waste adalah aktivitas yang tidak menambah nilai bagi pelanggan [8]. Terdapat tujuh jenis *waste*:

1. *Overproduction*
2. *Waiting*
3. *Transportation*
4. *Overprocessing*
5. *Inventory*
6. *Motion*
7. *Defects*

G. *Fishbone Diagram*

Fishbone Diagram atau *Cause and Effect Diagram* adalah alat analisis visual untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu masalah [9]. Diagram ini dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa dan terdiri dari beberapa elemen penyebab utama, yaitu:

- *Man*
- *Method*
- *Material*
- *Machine*
- *Measurement*
- *Environment*

H. Matriks Evaluasi

Matriks evaluasi digunakan untuk menilai dan membandingkan alternatif berdasarkan kriteria tertentu, seperti dalam penentuan prioritas *waste*. Skala penilaian menggunakan bobot 1–5, di mana semakin tinggi nilai, semakin diutamakan. Skor diperoleh dari *Weight Factor* × *Ranking* dan digunakan untuk menentukan solusi "*GO*" (utama) atau "*NOT GO*" (Cadangan) [10].

I. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FMEA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah potensi kegagalan sebelum terjadi [11]. Penilaian dilakukan berdasarkan tiga parameter yaitu, *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, yang dikalikan untuk mendapatkan *Risk Priority Number* (RPN). Semakin tinggi RPN, semakin besar prioritas perbaikannya [12].

J. W-FMEA (*Waste Failure Mode and Effect Analysis*)

W-FMEA merupakan adaptasi FMEA untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan pemborosan (*waste*) [13]. Penilaian menggunakan parameter yang sama, menghasilkan *Waste Priority Number* (WPN) dengan rumus:

$$WPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

Selanjutnya, *Cause Priority Number* (CPN) dihitung untuk mengetahui penyebab *waste* dengan pengaruh tertinggi:

$$CPN = \sum_{WM=1}^n WPN_{WM}$$

K. Variabel *Waste Failure Mode and Effect Analysis* (W-FMEA)

W-FMEA adalah metode untuk menganalisis pemborosan (*waste*) dalam proses dengan mengevaluasi tiga tingkatan:

1. *Severity* (S): Menilai dampak dari potensi kegagalan terhadap proses.
2. *Occurrence* (O): Menilai seberapa sering kegagalan terjadi.
3. *Detection* (D): Menilai seberapa mudah kegagalan dapat dideteksi sebelum berdampak.

Ketiga skor dikalikan untuk menghasilkan *Waste Priority Number* (WPN) sebagai dasar prioritas perbaikan.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *lean thinking* untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi aktivitas yang tidak

memberikan nilai tambah (*non-value-added activities*) pada pelaksanaan proyek. Metodologi yang diterapkan disusun secara sistematis melalui lima prinsip utama *lean*, yaitu *Value*, *Value Stream*, *Flow*, *Pull*, dan *Perfection*.

- 1. Penentuan *Value*
- 2. Pemetaan *Value Stream*
- 3. Penerapan *Flow*
- 4. Penerapan *Pull System*
- 5. *Perfection (Continuous Improvement)*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Menentukan *Value*

Penentuan *value* merupakan langkah awal dalam pendekatan *lean* untuk mengidentifikasi aktivitas yang memberikan manfaat nyata dalam proyek.

1. Stakeholder Register

Tabel 1 Stakeholder Register

No	Nama Stakeholder	Kategori	Peran	Power	Interest	Impact	Kepentingan
1	PT XYZ	Internal	Pengambil keputusan atas proyek	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Menjamin proyek berjalan sesuai target dan anggaran
2	Project Manager	Internal	Penanggung jawab atas proyek	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Mengelola seluruh aspek pelaksanaan proyek
3	Site Manager	Internal	Pengawasan lapangan	Sedang	Tinggi	Tinggi	Memastikan kegiatan di lapangan berjalan lancar
5	Project Coordinator Pekerjaan Mechanical	Internal	Koordinator pekerjaan <i>mechanical</i>	Sedang	Sedang	Sedang	Mengatur dan mengawasi pekerjaan <i>mechanical</i>
6	Project Coordinator Pekerjaan Electrical	Internal	Koordinator pekerjaan <i>electrical</i>	Sedang	Sedang	Sedang	Mengatur dan mengawasi pekerjaan <i>electrical</i>
7	Project Coordinator Pekerjaan Plumbing	Internal	Koordinator pekerjaan <i>plumbing</i>	Sedang	Sedang	Sedang	Mengatur dan mengawasi pekerjaan <i>plumbing</i>
8	Pekerja Proyek	Internal	Pelaksana pekerjaan di lapangan	Rendah	Tinggi	Sedang	Melaksanakan tugas sesuai instruksi teknis
9	RSU ABC	Eksternal	Penerima manfaat proyek (klien)	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Menilai hasil akhir proyek dan fungsionalitasnya
10	Direktur RS	Eksternal	Pengambil keputusan atas RSU	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Bertanggung jawab atas keberhasilan proyek dari sisi pengguna
11	Direktur Operasional	Eksternal	Pelaksana operasional RSU	Sedang	Sedang	Tinggi	Memastikan sistem berjalan sesuai kebutuhan operasional
12	Direktur Umum	Eksternal	Koordinasi umum RSU	Sedang	Sedang	Sedang	Mendukung pengelolaan umum terkait proyek
13	Direktur Keuangan	Eksternal	Pengatur anggaran RSU	Sedang	Sedang	Tinggi	Mengontrol pembiayaan atau anggaran proyek
14	Direktur Teknik	Eksternal	Penanggung jawab teknis RSU	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Memastikan aspek teknis proyek sesuai standar rumah sakit
15	Teknisi	Eksternal	Pengelola teknis pasca proyek selesai	Rendah	Sedang	Sedang	Menjalankan dan memelihara sistem hasil proyek

2. Data Wawancara

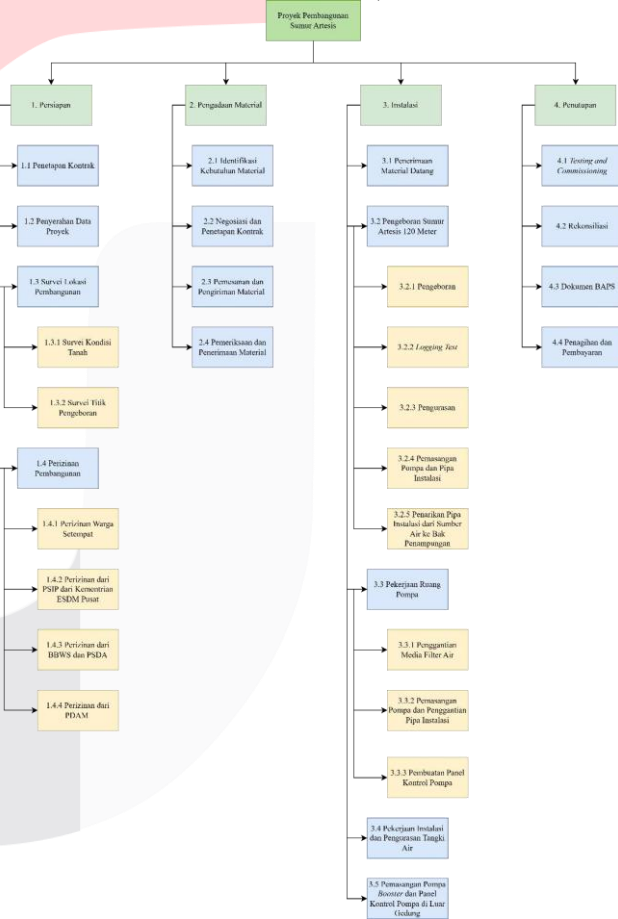
Tabel 2 Data Wawancara

No	Kategori	Faktor Penyebab Waste	Non-Value-Added Activities
1	Man	Kurangnya keahlian pekerja	Pekerjaan harus diulang kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan
2	Material	Keterlambatan material	Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat
3	Information	Terjadi miskomunikasi	Material yang dipesan dari luar negeri tertahan di bea cukai karena dokumen tidak lengkap
4	Environment	Hambatan perizinan	Fasilitas atau media untuk berkomunikasi kurang memadai
		Kondisi geologis	Pengawasan saat pengerjaan tidak terlalu signifikan
		Over-request dari pihak warga	Proses birokrasi yang lama terutama dari pihak warga
			Pengaruh struktur tanah
			Kompensasi untuk dibuatkan saluran air bersih ke kediaman warga

B. Memetakan *Value Stream*

Tahap ini berfokus pada identifikasi seluruh aktivitas dalam proyek, baik yang memberi nilai tambah maupun tidak.

1. Work Breakdown Structure (WBS)

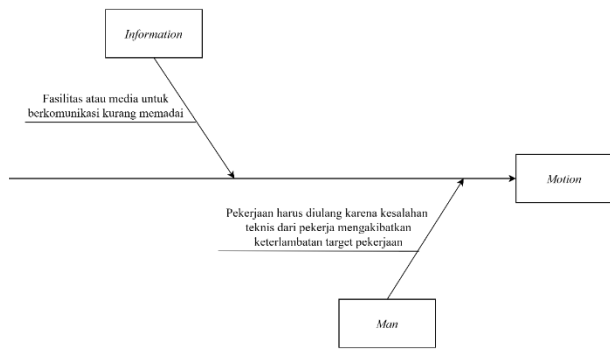


Gambar 4 Work Breakdown Structure (WBS)

2. Project System

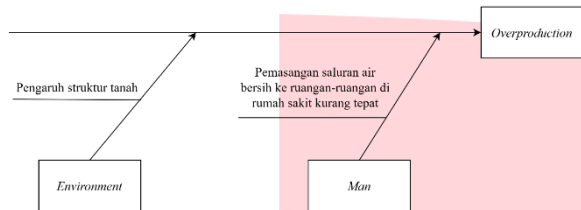
Project system merupakan salah satu prinsip *Lean Project Management* yang digunakan pada penelitian ini.

- a. Fishbone Diagram
- Motion



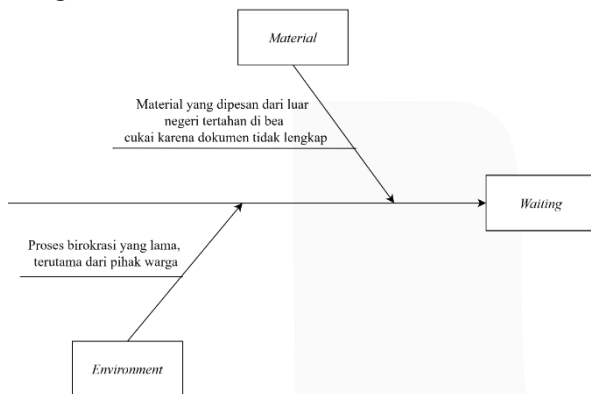
Gambar 5 Motion

- Overproduction



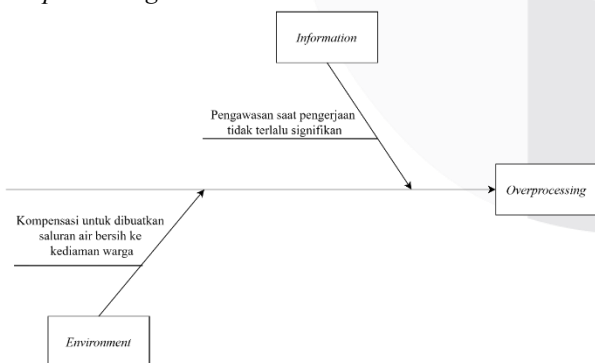
Gambar 6 Overproduction

- Waiting



Gambar 7 Waiting

-. Overprocessing



Gambar 8 Overprocessing

Tabel 3 Identifikasi Waste

Fishbone	Non-Value-Added Activities	Faktor Penyebab Waste	Dampak	Klasifikasi Waste
Man	Pekerjaan harus diulang kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan	Kurangnya keahlian pekerja	Keterlambatan proyek dan pemborosan waktu serta biaya karena pekerjaan harus diulang	Motion
	Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat		Risiko kegagalan sistem sanitasi, pemborosan sumber daya, dan pembongkaran ulang	Overproduction
Material	Material yang dipesan dari luar negeri tertahan di bea cukai karena dokumen tidak lengkap	Keterlambatan material	Aktivitas proyek tertunda karena menunggu material datang	Waiting
Information	Fasilitas atau media untuk berkomunikasi kurang memadai	Terjadi miskomunikasi	Koordinasi antar tim kurang efektif dan informasi yang disampaikan kurang tepat	Motion
	Pengawasan saat pengerjaan tidak terlalu signifikan		Efisiensi kerja menurun dan dapat memicu konflik	Overprocessing
Environment	Proses birokrasi yang lama terutama dari pihak warga	Hambatan perizinan	Keterlambatan pekerjaan karena terhambat perizinan atau proses administratif	Waiting
	Pengaruh struktur tanah	Kondisi geologis	Menyebabkan pengeboran ulang karena kondisi tanah	Overproduction
	Kompensasi untuk dibuatkan saluran air bersih ke kediaman warga	Over-request dari pihak warga	Bertambahnya aktivitas pekerjaan dan biaya yang tidak direncanakan	Overprocessing

Setelah dilakukan identifikasi waste, terdapat delapan *non-value-added-activities* yang menghasilkan empat jenis waste yaitu dua waste motion, dua waste overproduction, dua waste waiting, dan dua waste overprocessing.

c. If-Then Formulation

Formulasi ini disusun dalam bentuk tabel yang mencakup tiga bagian, yaitu: *if* (jika aktivitas *non-value-added* terjadi), *then* (maka tindakan yang harus dilakukan), dan *when* (kapan tindakan tersebut dilakukan).

Tabel 4 If-Then Formulation

Controlling Waste		
If	Then	When
Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan	Melakukan evaluasi terhadap kemampuan teknis pekerja dan melakukan program pengembangan keterampilan	Sebelum pelaksanaan

b. Identifikasi Waste

Controlling Waste					
<i>If</i>	<i>Then</i>		<i>When</i>		
keterlambatan target pekerjaan	Menyediakan mentor yang berpengalaman dan melakukan pelatihan		Saat pelaksanaan		
Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat	Melakukan survei dan pengukuran teknis secara teliti sebelum pengerjaan		Sebelum pelaksanaan		
	Melakukan simulasi atau uji coba penempatan saluran air bersih		Sebelum pelaksanaan		
Material yang dipesan dari luar negeri tertahan di bea cukai karena dokumen tidak lengkap	Menyusun jadwal pengadaan yang lebih fleksibel serta memiliki opsi pemasok yang lain		Sebelum pelaksanaan		
	Melengkapi dan verifikasi dokumen ekspor-impor agar sesuai ketentuan		Sebelum pelaksanaan		
Fasilitas atau media untuk berkomunikasi kurang memadai	Membuat <i>dashboard</i> untuk melakukan <i>monitoring</i> dan <i>controlling</i> pekerjaan		Sebelum pelaksanaan		
	Mengadakan rapat baik <i>onsite</i> maupun <i>online</i> setiap minggu untuk melaporkan <i>progress</i> pekerjaan		Saat pelaksanaan		
Pengawasan saat pengerjaan tidak terlalu signifikan	Membuat <i>dashboard</i> untuk melakukan <i>monitoring</i> dan <i>controlling</i> pekerjaan		Sebelum pelaksanaan		
	Menambah jumlah pengawas lapangan dan membuat jadwal rotasi pengawasan yang efektif		Saat pelaksanaan		
Proses birokrasi yang lama terutama dari pihak warga	Menyiapkan semua dokumen perizinan secara lengkap dan membawa surat izin dari pemerintah setempat		Saat pelaksanaan		
	Melakukan lobi atau negosiasi kepada pihak warga		Saat pelaksanaan		
Pengaruh struktur tanah	Melakukan investigasi geoteknik dan menggunakan jasa konsultan tanah jika diperlukan		Sebelum pelaksanaan		
	Membuat alternatif desain sesuai dengan jenis tanah		Sebelum pelaksanaan		
Kompensasi untuk dibuatkan saluran air bersih ke kediaman warga	Membuat perjanjian tertulis dengan ruang lingkup yang jelas		Saat pelaksanaan		
	Menyiapkan dana darurat dalam anggaran proyek		Saat pelaksanaan		

Tabel 6 Matriks Evaluasi 2

<i>If</i>		Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat			
<i>Then</i>		Melakukan survei dan pengukuran teknis secara teliti sebelum pengerjaan		Melakukan simulasi atau uji coba penempatan saluran air bersih	
Kriteria	Weight Factor	Ranking	Weight Score	Ranking	Weight Score
Biaya	5	4	20	2	10
Waktu	5	4	20	1	5
Dampak Terhadap Hasil	5	5	25	1	5
Risiko	5	4	20	1	5
Total		85		25	
GO/NOT GO SOLUTION		GO		NOT GO	

- Matriks Evaluasi 3

Tabel 7 Matriks Evaluasi 3

<i>If</i>		Material yang dipesan dari luar negeri tertahan di bea cukai karena dokumen tidak lengkap			
<i>Then</i>		Menyusun jadwal pengadaan yang lebih fleksibel serta memiliki opsi pemasok yang lain		Melengkapi dan verifikasi dokumen ekspor-impor agar sesuai ketentuan	
Kriteria	Weight Factor	Ranking	Weight Score	Ranking	Weight Score
Biaya	3	2	6	4	12
Waktu	5	3	15	5	25
Dampak Terhadap Hasil	3	2	6	5	15
Risiko	3	2	6	3	9
Total		33		61	
GO/NOT GO SOLUTION		NOT GO		GO	

- Matriks Evaluasi 4

Tabel 8 Matriks Evaluasi 4

<i>If</i>		Fasilitas atau media untuk berkomunikasi kurang memadai			
<i>Then</i>		Membuat dashboard untuk melakukan monitoring dan controlling pekerjaan		Mengadakan rapat baik onsite maupun online setiap minggu untuk melaporkan progress pekerjaan	
Kriteria	Weight Factor	Ranking	Weight Score	Ranking	Weight Score
Biaya	2	1	2	5	10
Waktu	4	1	4	5	20
Dampak Terhadap Hasil	4	3	12	4	16
Risiko	3	4	12	3	9
Total		30		55	
GO/NOT GO SOLUTION		NOT GO		GO	

- Matriks Evaluasi 5

Tabel 9 Matriks Evaluasi 5

<i>If</i>		Pengawasan saat pengerjaan tidak terlalu signifikan			
<i>Then</i>		Membuat dashboard untuk melakukan monitoring dan controlling pekerjaan		Menambah jumlah pengawas lapangan dan membuat jadwal rotasi pengawasan yang efektif	
Kriteria	Weight Factor	Ranking	Weight Score	Ranking	Weight Score
Biaya	2	1	2	4	8
Waktu	3	3	9	3	9
Dampak Terhadap Hasil	3	3	9	3	9
Risiko	4	4	16	4	16
Total		36		42	
GO/NOT GO SOLUTION		NOT GO		GO	

- Matriks Evaluasi 6

C. Membuat Flow

Tahap *membuat flow* berfokus untuk meminimalkan atau menghilangkan *waste* yang telah teridentifikasi sebelumnya.

1. Matriks Evaluasi

Matriks evaluasi dilakukan dengan memberikan skor pada empat kriteria utama: biaya, waktu, dampak hasil, dan risiko. Setiap kriteria diberi bobot (*weight factor*) dan solusi alternatif untuk *non-value-added activities* dinilai efektivitasnya melalui *ranking*. Nilai akhir dihitung sebagai *weight score* menggunakan skala 1–5, di mana semakin tinggi skor menunjukkan prioritas yang lebih tinggi. Hasil akhir menunjukkan solusi yang layak diterapkan (*GO*) atau tidak (*NOT GO*).

- Matriks Evaluasi 1

Tabel 5 Matriks Evaluasi 1

<i>If</i>		Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan			
<i>Then</i>		Melakukan evaluasi terhadap kemampuan teknis pekerja dan melakukan program pengembangan keterampilan		Menyediakan mentor yang berpengalaman dan melakukan pelatihan	
Kriteria	Weight Factor	Ranking	Weight Score	Ranking	Weight Score
Biaya	5	3	15	4	20
Waktu	5	1	5	3	15
Dampak Terhadap Hasil	3	2	6	5	15
Risiko	4	2	8	4	16
Total		34		66	
GO/NOT GO SOLUTION		NOT GO		GO	

- Matriks Evaluasi 2

Tabel 10 Matriks Evaluasi 6

If		Proses birokrasi yang lama terutama dari pihak warga			
Then		Menyiapkan semua dokumen perizinan secara lengkap dan membawa surat izin dari pemerintah setempat		Melakukan lobi atau negosiasi kepada pihak warga	
Kriteria	Weight Factor	Ranking	Weight Score	Ranking	Weight Score
Biaya	2	2	4	2	4
Waktu	5	4	20	1	5
Dampak Terhadap Hasil	4	4	16	3	12
Risiko	4	4	16	1	4
Total		56		25	
GO/NOT GO SOLUTION		GO		NOT GO	

- Matriks Evaluasi 7

Tabel 11 Matriks Evaluasi 7

If		Pengaruh struktur tanah			
Then		Melakukan investigasi geoteknik dan menggunakan jasa konsultan tanah jika diperlukan		Membuat alternatif desain sesuai dengan jenis tanah	
Kriteria	Weight Factor	Ranking	Weight Score	Ranking	Weight Score
Biaya	2	2	4	3	6
Waktu	5	2	10	2	10
Dampak Terhadap Hasil	3	5	15	3	9
Risiko	5	5	25	3	15
Total		54		40	
GO/NOT GO SOLUTION		GO		NOT GO	

- Matriks Evaluasi 8

Tabel 12 Matriks Evaluasi 8

If		Kompensasi untuk dibuatkan saluran air bersih ke kediaman warga			
Then		Membuat perjanjian tertulis dengan ruang lingkup yang jelas		Menyiapkan dana darurat dalam anggaran proyek	
Kriteria	Weight Factor	Ranking	Weight Score	Ranking	Weight Score
Biaya	5	3	15	2	10
Waktu	5	3	15	4	20
Dampak Terhadap Hasil	2	3	6	4	8
Risiko	4	1	4	3	12
Total		40		50	
GO/NOT GO SOLUTION		NOT GO		GO	

2. Cost Impact Estimation

Selama pelaksanaan proyek, telah teridentifikasi waste yang tidak hanya menghambat kelancaran kegiatan di lapangan, tetapi juga berdampak langsung pada aspek biaya. Hal ini bersumber dari beberapa *non-value-added activities* yang langsung memberikan dampak ke biaya proyek. Kondisi ini berdampak terhadap peningkatan biaya di luar anggaran awal.

Tabel 13 Cost Impact Estimation

Non-Value-Added-Activities	Keterangan	Satuan	Volume	Harga Jual (Rp)		Total
				Material	Jasa	
Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan	Penggantian pipa instalasi eksisting jalur utama	meter	150	17.500	27.500	6.750.000
	Penggantian pompa eksisting	unit	4	2.750.000	750.000	14.000.000
Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat	Penggantian instalasi bejana berhubungan dengan connector antara toren ke toren	buah	7	750.000	500.000	8.750.000
	Penarikan jalur kabel radar	lot	8	500.000	225.000	5.800.000
	Pengurusan toren	buah	7	-	375.000	2.625.000
	Wiring ulang panel pompa eksisting	unit	1	2.500.000	1.750.000	4.250.000
Total Biaya Tambahan						42.175.000

3. W-FMEA

Waste Failure Mode and Effect Analysis (W-FMEA) dilakukan dengan menghitung bobot atau nilai prioritas dari setiap *waste* dan menghasilkan dua komponen seperti Waste Priority Number (WPN) dan *Cause Priority Number* (CPN). Pembobotan tersebut berdasarkan tiga kategori, yaitu, tingkat keparahan atau *severity* (S), tingkat frekuensi kegagalan atau *occurrence* (O), dan tingkat kemudahan dalam mengidentifikasi kegagalan atau *detection* (D).

a. Waste Priority Number (WPN)

Tabel 14 WPN

Jenis Waste	Non-Value-Added Activities	S	Deskripsi Severity	O	Deskripsi Occurrence	D	Deskripsi Detection
Motion	Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan	7	Dampak besar pada proses pengerjaan, pekerjaan tidak dapat dijalankan secara penuh	7	Risiko yang terjadi agak tinggi	6	Relatif jarang terdeteksi
	Fasilitas atau media untuk berkomunikasi kurang memadai	6	Dampak besar pada proses pengerjaan, namun pekerjaan masih dapat dilanjutkan	8	Risiko yang terjadi tinggi	7	Sangat jarang terdeteksi
Overproduction	Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat	10	Dampak berbahaya apabila terjadi pada pekerjaan	8	Risiko yang terjadi tinggi	6	Relatif jarang terdeteksi
	Pengaruh struktur tanah	6	Dampak besar pada proses pengerjaan, namun pekerjaan masih dapat dilanjutkan	4	Risiko yang terjadi sedikit	6	Relatif jarang terdeteksi
Waiting	Material yang dipesan dari luar negeri tertahan di bea cukai karena dokumen tidak lengkap	9	Dampak serius apabila terjadi, dapat mengancam kelancaran pekerjaan	5	Risiko yang terjadi pada tingkat rendah	5	Cukup mudah terdeteksi
	Proses birokrasi yang lama terutama dari pihak warga	9	Dampak serius apabila terjadi, dapat mengancam kelancaran pekerjaan	3	Risiko yang terjadi sangat sedikit	4	Dapat terdeteksi
Overprocessing	Pengawasan saat pengerjaan tidak terlalu signifikan	6	Dampak besar pada proses pengerjaan, namun pekerjaan masih dapat dilanjutkan	8	Risiko yang terjadi tinggi	5	Cukup mudah terdeteksi
	Kompensasi untuk dibuatkan saluran air bersih ke kediaman warga	6	Dampak besar pada proses pengerjaan, namun pekerjaan masih dapat dilanjutkan	2	Risiko jarang terjadi	3	Mudah terdeteksi

Berdasarkan Tabel 8 didapatkan nilai WPN terendah sebesar 36 sedangkan nilai WPN tertinggi sebesar 480.

b. Cause Priority Number (CPN)

Tabel 15 CPN

Jenis Waste	Non-Value-Added Activities	Faktor Penyebab Waste	Dampak	WPN	CPN
Motion	Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan	Kurangnya keahlian pekerja	Keterlambatan proyek dan pemborosan waktu serta biaya karena pekerjaan harus diulang	294	774
	Fasilitas atau media untuk berkomunikasi kurang memadai	Terjadi miskomunikasi	Koordinasi antar tim kurang efektif dan informasi yang disampaikan kurang tepat	336	528
Overproduction	Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat	Kurangnya keahlian pekerja	Risiko kegagalan sistem sanitasi, pemborosan sumber daya, dan pembongkaran ulang	480	774
	Pengaruh struktur tanah	Kondisi geologis	Menyebabkan pengeboran ulang karena kondisi tanah	144	144
Waiting	Material yang dipesan dari luar negeri tertahan di bea cukai karena dokumen tidak lengkap	Keterlambatan material	Aktivitas proyek tertunda karena menunggu material datang	225	225
	Proses birokrasi yang lama terutama dari pihak warga	Hambatan perizinan	Keterlambatan pekerjaan karena terhambat perizinan atau proses administratif	108	108
Overprocessing	Pengawasan saat pengerjaan tidak terlalu signifikan	Terjadi miskomunikasi	Efisiensi kerja menurun dan dapat memicu konflik	240	576
	Kompensasi untuk dibuatkan saluran air bersih ke kediaman warga	Over-request dari pihak warga	Bertambahnya aktivitas pekerjaan dan biaya yang tidak direncanakan	36	36

Berdasarkan Tabel 9 yang merupakan hasil perhitungan nilai CPN, terdapat nilai CPN terendah sebesar 36 sedangkan nilai CPN tertinggi sebesar 774.

E. Pull System

Tahap *pull system* sebagai prinsip keempat lean berfokus pada penyesuaian proses berdasarkan permintaan aktual, guna mengurangi waste dan meningkatkan efisiensi.

1. Waste Response

Tabel 16 Waste Response

Jenis Waste	Non-Value-Added Activities	Dampak	Solusi	Waktu Pelaksanaan
Motion	Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan	Keterlambatan proyek dan pemborosan waktu serta biaya karena pekerjaan harus diulang	Menyediakan mentor yang berpengalaman dan melakukan pelatihan	Saat pelaksanaan
	Fasilitas atau media untuk berkomunikasi kurang memadai	Koordinasi antar tim kurang efektif dan informasi yang disampaikan kurang tepat	Mengadakan rapat baik <i>onsite</i> maupun <i>online</i> setiap minggu untuk melaporkan <i>progress</i> pekerjaan	Saat pelaksanaan
Overproduction	Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat	Risiko kegagalan sistem sanitasi, pemborosan sumber daya, dan pembongkaran ulang	Melakukan survei dan pengukuran teknis secara teliti sebelum pengerjaan	Sebelum pelaksanaan
	Pengaruh struktur tanah	Menyebabkan pengeboran ulang karena kondisi tanah	Melakukan investigasi geoteknik dan menggunakan jasa konsultan tanah jika diperlukan	Sebelum pelaksanaan
Waiting	Material yang dipesan dari luar negeri tertahan di bea cukai karena dokumen tidak lengkap	Aktivitas proyek tertunda karena menunggu material datang	Melengkapi dan verifikasi dokumen ekspor-impor agar sesuai ketentuan	Sebelum pelaksanaan
	Proses birokrasi yang lama terutama dari pihak warga	Keterlambatan pekerjaan karena terhambat perizinan atau proses administratif	Menyiapkan semua dokumen perizinan secara lengkap dan membawa surat izin dari pemerintah setempat	Saat pelaksanaan
Overprocessing	Pengawasan saat pengerjaan tidak terlalu signifikan	Efisiensi kerja menurun dan dapat memicu konflik	Menambah jumlah pengawas lapangan dan membuat jadwal rotasi pengawasan yang efektif	Saat pelaksanaan
	Kompensasi untuk dibuatkan saluran air bersih ke kediaman warga	Bertambahnya aktivitas pekerjaan dan biaya yang tidak direncanakan	Menyiapkan dana darurat dalam anggaran proyek	Saat pelaksanaan

2. Waste Cost Impact

Tabel 17 Waste Cost Impact

Jenis Waste	Non-Value-Added-Activities	Keterangan	Satuan	Volume	Harga Jual (Rp)		Total	Solusi
					Material	Jasa		
Motion	Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan	Penggantian pipa instalasi eksisting jalur utama	meter	150	17.500	27.500	6.750.000	Menyediakan mentor yang berpengalaman dan melakukan pelatihan
		Penggantian pompa eksisting	unit	4	2.750.000	750.000	14.000.000	
Overproduction	Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat	Penggantian instalasi bejana berhubungan dengan <i>connector</i> antara toren ke toren	buah	7	750.000	500.000	8.750.000	Melakukan survei dan pengukuran teknis secara teliti sebelum pengerjaan
		Penarikan jalur kabel radar	lot	8	500.000	225.000	5.800.000	
		Pengurusan toren	buah	7	-	375.000	2.625.000	
		Wiring ulang panel pompa eksisting	unit	1	2.500.000	1.750.000	4.250.000	
		Total Biaya Tambahan				42.175.000		

3. Tabel W-FMEA

Tabel 18 Tabel W-FMEA

Waste Priority	Jenis Waste	Non-Value-Added Activities	Faktor Penyebab Waste	S	O	D	WPN	CPN	Ranking WPN dan CPN
1	Overproduction	Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat	Kurangnya keahlian pekerja	10	8	6	480	774	Tinggi
2	Motion	Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan	Kurangnya keahlian pekerja	7	7	6	294	774	Tinggi
3	Motion	Fasilitas atau media untuk berkomunikasi kurang memadai	Terjadi miskomunikasi	6	8	7	336	576	Sedang
4	Overprocessing	Pengawasan saat pengerjaan tidak terlalu signifikan	Terjadi miskomunikasi	6	8	5	240	576	Sedang
5	Waiting	Material yang dipesan dari luar negeri tertahan di bea cukai karena dokumen tidak lengkap	Keterlambatan material	9	5	5	225	225	Sedang
6	Overproduction	Pengaruh struktur tanah	Kondisi geologis	6	4	6	144	144	Rendah
7	Waiting	Proses birokrasi yang lama terutama dari pihak warga	Hambatan perizinan	9	3	4	108	108	Rendah
8	Overprocessing	Kompensasi untuk dibuatkan saluran air bersih ke kediaman warga	Over-request dari pihak warga	6	2	3	36	36	Rendah

E. Analisis Waste Response

Analisis *waste response* memberikan arahan bagi stakeholder dalam menangani pemborosan selama proyek berlangsung agar efisiensi proses meningkat.

- **Motion:**
Ditemukan dua masalah utama, yaitu pekerjaan diulang akibat kesalahan teknis dan komunikasi tim yang tidak efektif. Solusi yang disepakati adalah pelatihan teknis dan pendampingan, serta koordinasi rutin onsite maupun online.
- **Overproduction:**
Terjadi karena kesalahan pemasangan saluran air dan pengeboran ulang akibat perencanaan yang tidak akurat. Solusi yang diusulkan adalah survei teknis sebelum pekerjaan dan investigasi geoteknik sejak awal proyek.

- **Waiting:**
Ditimbulkan oleh keterlambatan material impor dan proses perizinan warga. Solusinya meliputi pelengkapan dokumen ekspor-impor sejak awal dan pendekatan aktif kepada warga dan instansi terkait.
- **Overprocessing:**
Terdapat kekurangan pengawasan serta permintaan tambahan dari warga. Solusi meliputi penambahan pengawas dan jadwal rotasi serta penyediaan dana darurat untuk kebutuhan sosial tak terduga.

F. Analisis Waste Cost Impact

Tabel 19 Analisis Waste Cost Impact

No	Non-Value-Added-Activities	Keterangan	Total
1	Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan	Penggantian pipa instalasi eksisting jalur utama	6.750.000
		Penggantian pompa eksisting	14.000.000
2	Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat	Penggantian instalasi bejana berhubungan dengan <i>connector</i> antara toren ke toren	8.750.000
		Penarikan jalur kabel radar	5.800.000
		Pengurusan toren	2.625.000
		<i>Wiring</i> ulang panel pompa eksisting	4.250.000
Total Biaya Tambahan			42.175.000

Berdasarkan tabel diatas, terdapat dua *non-value-added activities* yang menyebabkan tambahan biaya proyek. Pertama, pengulangan pekerjaan akibat kesalahan teknis seperti instalasi pipa dan pompa, menimbulkan biaya tambahan sebesar Rp20.750.000. Kedua, kesalahan pemasangan saluran air bersih menyebabkan penyesuaian instalasi lanjutan senilai Rp21.425.000.

G. Analisis Tabel W-FMEA

Tabel 20 Analisis Tabel W-FMEA

Waste Priority	Jenis Waste	Non-Value-Added Activities	Faktor Penyebab Waste	S	O	D	WPN	CPN	Ranking WPN dan CPN
	Overproduction	Pemasangan saluran air bersih ke ruangan-ruangan di rumah sakit kurang tepat	Kurangnya keahlian pekerja	10	8	6	480	774	Tinggi
	Motion	Pekerjaan harus diulang karena kesalahan teknis dari pekerja mengakibatkan keterlambatan target pekerjaan	Kurangnya keahlian pekerja	7	7	6	294	774	Tinggi
	Motion	Fasilitas atau media untuk berkomunikasi kurang memadai	Terjadi miskomunikasi	6	8	7	336	576	Sedang
	Overprocessing	Pengawasan saat pengerjaan tidak terlalu signifikan	Terjadi miskomunikasi	6	8	5	240	576	Sedang
	Waiting	Material yang dipesan dari luar negeri tertahan di bea cukai karena dokumen tidak lengkap	Keterlambatan material	9	5	5	225	225	Sedang
	Overproduction	Pengaruh struktur tanah	Kondisi geologis	6	4	6	144	144	Rendah
	Waiting	Proses birokrasi yang lama terutama dari pihak warga	Hambatan perizinan	9	3	4	108	108	Rendah
	Overprocessing	Kompensasi untuk dibuatkan saluran air bersih ke kediaman warga	Over-request dari pihak warga	6	2	3	36	36	Rendah

Berdasarkan tabel diatas, *waste* prioritas tinggi harus segera ditangani karena berdampak besar terhadap keterlambatan, biaya, dan alur kerja proyek. *Waste* prioritas sedang masih berpotensi menimbulkan hambatan jangka menengah dan perlu ditangani setelah kategori tinggi. Sementara itu, *waste* prioritas rendah berdampak kecil dan dapat ditangani terakhir sebagai bagian dari perbaikan berkelanjutan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancangan tugas akhir, dapat disimpulkan:

1. Identifikasi *waste* dilakukan melalui penerapan prinsip *lean* (*value, value stream, flow, dan pull*)

serta pengumpulan data primer melalui wawancara dan observasi. Ditemukan empat jenis *waste*: *motion*, *overproduction*, *waiting*, dan *overprocessing*, yang berdampak pada waktu, biaya, dan efisiensi proyek.

2. Total biaya tambahan akibat *waste* mencapai Rp 42.175.000, berasal dari pengulangan pekerjaan karena kesalahan teknis (Rp 20.750.000) dan pemasangan saluran air yang kurang tepat (Rp 21.425.000), menunjukkan pentingnya penanganan *waste* untuk menjaga stabilitas anggaran.
3. Penentuan prioritas *waste* dilakukan menggunakan metode W-FMEA dengan menghitung *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Hasil perhitungan WPN dan CPN menunjukkan bahwa kurangnya keahlian pekerja menjadi faktor utama dengan WPN 480 dan CPN 774.

Secara keseluruhan, rancangan ini menghasilkan tiga komponen utama: *waste response*, *cost impact*, dan W-FMEA, yang digunakan untuk menentukan prioritas penanganan *waste* secara efektif pada proyek.

REFERENSI

- [1] Alkonusa, & Behrens, A. (2016). Pengertian Pompa Sentrifugal dan Prinsip Kerjanya. *Alkonusa News*, 10.
- [2] Simoen, S. (2001). Sistem Akuifer di Lereng Gunungapi Merapi Bagian Timur dan Tenggara: Studi kasus di kompleks mataair Sungsang Boyolali Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia*, 15(1).
- [3] Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003a). Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated. Dalam *Free Press*
- [4] Wati, A. L., Muhandi, M., & Nu'man, H. (2022). Penerapan Lean Hospital pada Pelayanan Unit Gawat Darurat di RSUD Bayu Asih Kabupaten Purwakarta. *Jurnal Sosial Teknologi*, 2(4). <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v2i4.326>
- [5] Institute, P. M. (2017a). PMBOK 6th edition. Dalam *Project Management Institute*
- [6] (Vol. 34, Nomor 03).
- [7] Alawiyah, T., Mulyani, Y. S., Gunawan, M. A., Setiaji, R., & Nurdin, H. (2022). Sistem Informasi Manajemen Proyek (SIMAPRO) Berbasis Web (Studi Kasus: PT. Arya Bakti Saluyu). *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 10(2). <https://doi.org/10.31294/jki.v10i2.14061>
- [8] Hermina, S., Untu, S., Dundu, A. K. T., & Mandagi, R. J. M. (2014). Penerapan Metode Lean Project Management Dalam Perencanaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Mantos Tahap Iii). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6).
- [9] Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated: James P. Womack, Daniel T. Jones. *Simon & Schuster*, May.
- [10] Coccia, M. (2018). The Fishbone Diagram to Identify, Systematize and Analyze the Sources of General Purpose Technologies. *Journal of Social and Administrative Sciences*, 4(4).
- [11] 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 (Studi Kasus: PT.
- [12] McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2017). THE BASICS OF FMEA, 2nd Edition. Dalam *The Basics of FMEA, 2nd Edition*. <https://doi.org/10.1201/b16656>
- [13] Nurjanah, D. A., Kusminah, I. L., Rachmat, A. N., & Nabella, N. (2024). Analisis Penentuan Komponen Kritis Small Excavator Menggunakan Metode FMEA dan Diagram Pareto. *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, 1(1). <https://doi.org/10.33863/jshee.v1i1.19>
- [14] de Souza, R. V. B., & Carpinetti, L. C. R. (2014). A FMEA-based approach to prioritize waste reduction in lean implementation. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 31(4). <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2012-0058>.