

ANALISIS REDUKSI WASTE DALAM INDUSTRI JASA PEMELIHARAAN MESIN DENGAN METODE LEAN SIX SIGMA

Finka C. E. Paath, Agung Sutrisno, Johan S. C. Neyland

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Pemeliharaan adalah aktivitas yang bertujuan untuk menjaga mesin, peralatan, dan fasilitas lain dengan melakukan perbaikan dan penggantian yang diperlukan agar operasi atau produksi dapat berlangsung dengan baik. *Lean Six Sigma* adalah pendekatan manajemen yang menggabungkan prinsip-prinsip *Lean* dan *Six Sigma* untuk meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi pemborosan dalam proses pemeliharaan. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan kualitatif pendukung dimana pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis pemborosan dalam pemeliharaan mesin melalui pengukuran numerik seperti persentase *breakdown* alat *container crane*, AHP untuk penentuan *waste* tertinggi, DPMO dari *waste* dan RPN untuk mengidentifikasi akar permasalahan yang dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *waste* kritis dan apa saja perbaikan yang bisa dilakukan untuk mereduksi *waste* tersebut.

Berdasarkan perhitungan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) diketahui bahwa *waste* yang tertinggi ada pada *waiting* dengan nilai sebesar 0,424 dan nilai sigma sebesar 2,05 yang menandakan bahwa diperlukan adanya perbaikan, sehingga peneliti memberikan beberapa usulan perbaikan, seperti peningkatan stok cadangan, penambahan atau redistribusi tenaga kerja guna mengurangi beban kerja yang berlebihan, serta pengaturan ulang area kerja agar bisa memperlancar alur kerja dan mengurangi waktu yang terbuang.

Kata kunci: Container Crane, Lean Six Sigma, Pemeliharaan, Pemborosan.

ABSTRACT

Maintenance is an activity that aims to preserve machines, equipment and other facilities by carrying out necessary repairs and replacements so that operations or production can run well. Lean Six Sigma is a management approach that combines Lean and Six Sigma principles to improve operational efficiency by reducing waste in maintenance processes. This research uses a quantitative type of research with a supporting qualitative approach where a quantitative approach is used to analyze waste in machine maintenance through numerical measurements such as percentage breakdown of container crane equipment, AHP to determine the highest waste, DPMO of waste and RPN to identify the root of the problem which this research aims at to find out critical waste and what improvements can be made to reduce this waste.

Based on the Analytical Hierarchy Process (AHP) calculation, it is known that the highest waste is in waiting with a value of 0.424 and a sigma value of 2.05, which indicates that improvements are needed, so the researcher provides several suggestions for improvements, such as increasing reserve stock, adding or redistributing workers to reduce excessive workloads, and rearranging work areas to facilitate workflow and reduce wasted time.

Keywords: Container Crane, Lean Six Sigma, Maintenance, Waste.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pemeliharaan adalah aktivitas yang bertujuan untuk menjaga mesin, peralatan, dan fasilitas lain dengan melakukan perbaikan dan penggantian yang diperlukan agar operasi atau produksi dapat berlangsung dengan baik. Pemeliharaan bertujuan untuk meminimalkan penggunaan yang berlebihan dan mencegah kecelakaan kerja yang dapat mengganggu atau membahayakan keselamatan kerja (Siregar *et al.*, 2022).

Pemborosan atau aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi dalam proses pemeliharaan alat berat. Pengurangan pemborosan dalam operasional perusahaan sangat krusial untuk mencapai efisiensi dan efektivitas yang lebih tinggi (Gaspersz, 2007).

Lean Six Sigma adalah pendekatan manajemen yang menggabungkan prinsip-prinsip

Lean dan *Six Sigma* untuk meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi pemborosan dan variasi dalam proses. *Lean* berfokus pada penghapusan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*waste*), sementara *Six Sigma* menggunakan analisis data untuk mengurangi cacat dan meningkatkan kualitas.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan metodologi *Lean Six Sigma* pada PT Equiport Inti Indonesia Site Bitung, dengan fokus pada pengurangan pemborosan dan peningkatan efisiensi operasional pada jasa pemeliharaan mesin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu bagaimana cara mengetahui *waste* kritis dalam industri jasa pemeliharaan mesin menggunakan metode *Lean Six Sigma* pada PT Equiport Inti Indonesia Site TPK Bitung dan

bagaimana perbaikan yang bisa dilakukan perusahaan untuk mereduksi *waste*.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan di PT. Equiport Inti Indonesia Site TPK Bitung dan berfokus pada pengurangan *waste* dalam industri jasa pemeliharaan mesin khususnya pada alat *Container Crane* menggunakan metode *Lean Six Sigma* dan hanya dilakukan hingga fase *Improvement* dan tidak dilakukan implementasi atau fase *Control*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui *waste* kritis dalam jasa pemeliharaan mesin menggunakan metode *Lean Six Sigma* pada PT Equiport Inti Indonesia Site TPK Bitung dan untuk mengetahui perbaikan yang bisa dilakukan perusahaan untuk mereduksi *waste* dengan menggunakan metode *Lean Six Sigma*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengembangkan ketrampilan dalam menerapkan metode *Lean Six Sigma* untuk mengurangi *waste*.
2. Mendapatkan pengetahuan mengenai strategi dan metode yang bisa digunakan dalam mengurangi *waste*.
3. Memberikan kesempatan untuk meningkatkan kualitas perusahaan dengan pengurangan *waste*.

2. Landasan Teori

2.1 Konsep Dasar *Lean*

Lean adalah sebuah perbaikan proses yang bermanfaat untuk perbaikan, kualitas, dan biaya dengan melakukan eliminasi terhadap *waste* (Mann, 2010).

2.1.1 Klasifikasi aktivitas

Menurut Hines dan Taylor (2000), aktivitas pemborosan dapat diklasifikasi menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Aktivitas *value adding* (VA): aktivitas yang dilakukan perusahaan untuk membuat produk atau jasa lebih bernilai di mata konsumen.
2. Aktivitas *non-value adding* (NVA): aktivitas yang tidak membuat produk atau jasa lebih bernilai di mata konsumen akhir dan tidak dibutuhkan proses produksi.
3. Aktivitas *necessary non-value adding* (NNVA): aktivitas yang tidak membuat produk atau jasa lebih bernilai di mata konsumen akhir namun dibutuhkan paling tidak untuk mendukung proses.

2.1.2 Jenis-jenis *waste*

Menurut Ruffa (2008) *waste* merupakan aktivitas, *delay*, atau material yang menghabiskan sumber daya namun tidak berkontribusi dalam memberikan nilai tambah terhadap produk. Menurut Wilson (2010), *waste* terbagi menjadi

tujuh, yaitu *transportation, waiting, overproduction, defect, inventory, motion* dan *excess processing*.

2.2. *Six Sigma*

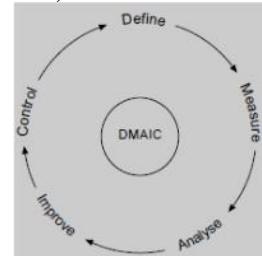
Six Sigma adalah metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap produk yang cacat dalam sebuah proses, dimana pada level *six sigma* menunjukkan bahwa jumlah produk cacat dalam satu juta kesempatan adalah sebesar 3,4 DPMO (Brue, 2002).

Tabel 2.1 *Sigma Level* (George, 2002)

Level Sigma	DPMO	Yield (%)
6-Sigma	3,4	99,9997
5-Sigma	233	99,977
4-Sigma	6.210	93,379
3-Sigma	66.807	93,32
2-Sigma	308.537	69,2
1-Sigma	690.000	31%

2.2.1 Fase *Six Sigma*

Dalam *Six Sigma* terdapat 5 fase yang dikenal dengan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).



Gambar 2.1 Siklus DMAIC

2.2.2 Defect per Million Opportunities (DPMO)

DPMO merupakan ukuran berapa banyak kegagalan yang muncul per satu juta kesempatan. Target pengendalian kualitas *six sigma* sebesar 3,4 DPMO tidak hanya diinterpretasikan sebagai 3,4 unit *output* yang cacat dari sejuta unit output yang diproduksi melainkan diartikan bahwa dalam satu unit produk hanya terdapat 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan dalam CTQ produk tersebut.

2.3 *Lean Six Sigma*

Lean Six Sigma berarti mengerjakan sesuatu dengan cara sederhana dan seefisien mungkin namun tetap memberikan kualitas superior dan pelayanan yang sangat cepat.

2.4. *Value Stream Mapping (VSM)*

VSM digunakan dalam lingkungan *Lean* untuk mengidentifikasi peluang-peluang perbaikan dalam pengurangan *lead-time*, karena model ini mengidentifikasi *slack*, pemborosan, dan kegiatan-kegiatan yang tidak menambah nilai bagi pelanggan dan perusahaan.

2.5 Diagram Ishikawa/ Tulang Ikan (*Fishbone*)

Diagram Ishikawa merupakan suatu alat visual untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan secara grafik menggambarkan secara detail semua penyebab yang berhubungan dengan suatu permasalahan.

2.6. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) adalah sekumpulan petunjuk dan form untuk mengidentifikasi dan mendahulukan masalah-masalah potensial (kegagalan).

2.7. Uji Validitas dan Reliabilitas

2.7.1 Uji Validitas

Uji validitas digunakan guna mengukur tingkat valid tidaknya suatu kuesioner yang digunakan dalam suatu penelitian. Dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$r = \frac{(\sum_{i=1}^N X_i Y_i) - (\sum_{i=1}^N X_i)(\sum_{i=1}^N Y_i)}{\sqrt{N[\sum_{i=1}^N X_i^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2][N\sum_{i=1}^N Y_i^2 - (\sum_{i=1}^N Y_i)^2]}}$$

Dimana:

r = koefisien korelasi *product moment*

X = skor tiap pertanyaan

Y = skor total

N = jumlah responden

Dari hasil perhitungan akan didapat koefisien korelasi yang digunakan dalam menentukan tingkat validitas suatu resiko dengan dilakukannya uji signifikansi koefisien korelasi dengan signifikansi 0,05, artinya suatu item dianggap valid jika berkorelasi signifikan terhadap skor total. Jika r hitung \geq r tabel (uji 2 sisi dengan sig. 0,05) maka instrumen atau item-item pertanyaan berkorelasi signifikan terhadap skor total (Bukoi, 2024).

2.7.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas adalah pengujian yang digunakan untuk mengetahui kestabilan alat ukur yang dibuat. Suatu alat ukur dikatakan reliabel jika pengulangan pengukuran untuk subjek penelitian yang sama menunjukkan hasil yang konsisten. Pengujian reliabilitas instrumen dengan menggunakan rumus *Alpha Cronbach* karena instrumen penelitian ini berbentuk angket dan skala bertingkat. Rumus *Alpha Cronbach* sebagai berikut:

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_t^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Dimana:

r_{11} = Reliabilitas yang dicari

n = Jumlah item yang dicari

$\sum \sigma_t^2$ = Jumlah varian skor tiap-tiap item

σ_t^2 = Varian total

Selain menggunakan persamaan di atas, salah satu cara yang digunakan untuk menentukan reliabilitas kuesioner adalah menggunakan *software SPSS*.

2.8. Container Crane (CC)

Container Crane adalah jenis *crane* portal tinggi berkaki tegak yang mengangkat benda dengan *hoist* yang dipasang di sebuah troli *hoist* dan dapat bergerak secara horizontal pada rel atau sepasang rel dipasang di bawah balok atau lantai kerja

3. Metodologi Penelitian

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di PT. Equiport Inti Indonesia Site TPK Bitung, Aertembaga, Kota Bitung, Sulawesi Utara dengan waktu penelitian dimulai pada bulan Juli sampai Agustus 2024.

3.2 Sumber Data

Data yang digunakan terdiri dari data primer yang diambil dari observasi, wawancara dan juga penyebaran kuisioner. Adapun data sekunder berupa laporan harian dari proses *maintenance container crane*.

3.3 Jenis Penelitian

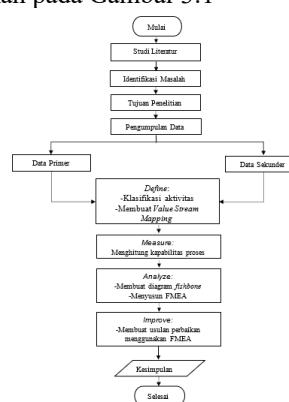
Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan kualitatif pendukung dimana pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis pemborosan dalam pemeliharaan mesin melalui pengukuran numerik seperti persentase *breakdown* alat *container crane*, AHP untuk penentuan *waste* tertinggi, DPMO dari *waste* dan RPN untuk mengidentifikasi akar permasalahan. Selain itu pendekatan kualitatif digunakan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait faktor-faktor non-teknis atau kontekstual yang mungkin memengaruhi pemborosan sehingga dapat memberikan rekomendasi yang lebih menyeluruh.

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mulai
2. Identifikasi dan Perumusan Masalah
3. Tujuan Penelitian
4. Pengumpulan Data
5. Pengolahan dan Analisis Data
6. Kesimpulan dan Saran

Adapun diagram alir penelitian ini akan digambarkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Define

Define merupakan tahapan awal pada metodologi *six sigma* yang digunakan dalam mengidentifikasi berbagai permasalahan yang akan diselesaikan.

4.1.1 Activity classification

Berikut klasifikasi aktivitas yang dilaksanakan dalam proses *maintenance Container Crane*.

Tabel 4.1 Activity Classification Proses Pemeriksaan Visual

Pemeriksaan Visual	VA	NNVA	NVA	Waktu (Menit)
Pengecekan kondisi fisik crane		□		20
Pengecekan kabel listrik dan selang hidrolik		□		30
Total	0	2	0	
Persentase	0%	100%	0%	

Tabel 4.2 Activity Classification Proses Pemeriksaan Sistem Kelistrikan

Pemeriksaan Sistem Kelistrikan	VA	NNVA	NVA	Waktu (Menit)
Pengecekan kondisi baterai		□		10
Pengecekan koneksi listrik		□		20
Pengecekan saklar dan panel kontrol		□		20
Total	0	3	0	
Persentase	0%	100%	0%	

Tabel 4.3 Activity Classification Proses Pemeriksaan Sistem Mekanis

Pemeriksaan Sistem Mekanis	VA	NNVA	NVA	Waktu (Menit)
Pemeriksaan kondisi ban secara keseluruhan		□		20
Pengujian brake system		□		20
Pengecekan rantai dan wire rope		□		30
Total	0	3	0	
Persentase	0%	100%	0%	

Tabel 4.4 Activity Classification Proses Pelumasan

Pelumasan	VA	NNVA	NVA	Waktu (Menit)
Pemberian pelumas pada bearing	□			300

Pelumasan pada rantai dan kabel	□			120
Total	2	0	0	
Persentase	100 %	0%	0%	

Tabel 4.5 Activity Classification Proses Pemeriksaan Sistem Hidrolik

Pemeriksaan Sistem Hidrolik	VA	NNVA	NVA	Waktu u (Menit)
Pemeriksaan level oli hidrolik		□		5
Pemeriksaan selang hidrolik dan fitting		□		10
Total	0	2	0	
Persentase	0%	100%	0%	

Tabel 4.6 Activity Classification Proses Operasi

Operasi	VA	NNVA	NVA	Waktu (Menit)
Menguji kontrol gerakan		□		20
Menguji alarm dan indikator		□		10
Mengganti suku cadang yang aus	□			480
Melakukan kalibrasi dan penyesuaian pada sistem kontrol	□			240
Menunggu ketersediaan peralatan dan suku cadang			□	3600
Menunggu pengambilan keputusan manajemen			□	60
Total	2	2	2	
Persentase	33,3%	33,3%	33,3%	

Tabel 4.7 Activity Classification Kebersihan

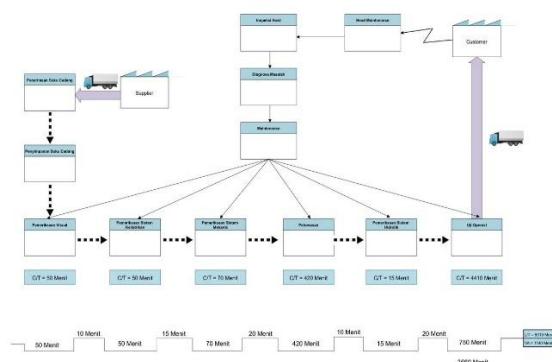
Kebersihan	VA	NNVA	NVA	Waktu (Menit)
Pengaturan ulang tempat kerja (<i>set-up time</i>)			□	60
Pembersihan kabin operator		□		30
Pembersihan komponen penting	□			120
Total	1	1	1	

Percentase	33,3 %	33,3%	33,3 %	
------------	--------	-------	--------	--

Tabel 4.8 Activity Classification Laporan Dan Dokumentasi

Laporan dan Dokumentasi	VA	NNVA	NVA	Waktu (Menit)
Mencatat semua hasil pemeriksaan dan tindakan yang dilakukan		□		45
Pelaporan masalah	□			20
Proses dokumentasi manual yang berulang		□		5
Total	0	2	1	
Persentase	0%	66,7%	33,3 %	

4.1.2 Current state value stream mapping



Gambar 4.1. Value Stream Mapping Maintenance Container Crane PT. Equiport Inti Indonesia Site TPK Bitung

Dari total waktu tersebut dapat dihitung *process cycle efficiency* (PCE) dengan rumus berikut.

$$PCE = \frac{\text{Total Value Added Time}}{\text{Total Maintenance Lead Time}}$$

$$PCE = \frac{1140}{5015}$$

$$PCE = 0,2273$$

$$PCE = 22,73\%$$

Nilai PCE sebesar 22,73% menunjukkan bahwa proses *maintenance Container Crane* di PT Equiport Inti Indonesia Site TPK Bitung masih di bawah standar efisiensi, yaitu sebesar 25%, sehingga perlu dilakukan perbaikan efisiensi untuk mencapai atau bahkan melebihi standar tersebut.

4.1.3 Waste identification

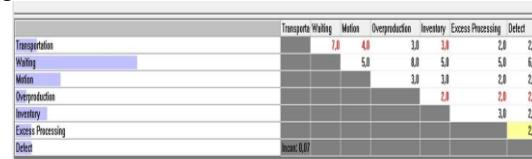
4.1.3.1 Waiting

Tabel 4.9 Data Waktu Downtime Container Crane dalam Empat Periode

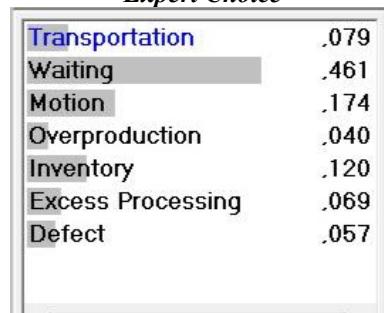
Periode	Downtime (jam)	Waktu Operasi (jam)	Persentase Downtime (%)
1	0,50	83,00	0,60

2	103,50	45,50	227,47
3	168,00	0,00	Tidak terdefiniskan
4	120,50	41,00	293,90
TOT AL	392,50	169,50	231,56

Penentuan *waste* kritis dilakukan dengan menggunakan metode AHP. Kuisioner AHP digunakan untuk memberikan bobot terhadap *waste* dengan mempertimbangkan pengaruh *waste* tersebut terhadap pemborosan yang terjadi pada proses *maintenance*.



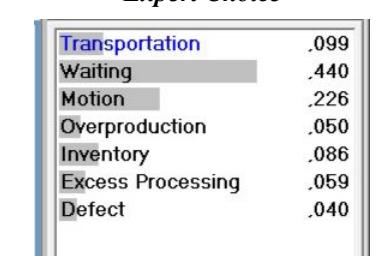
Gambar 4.2 Input Nilai Pengaruh Waste berdasarkan Responden 1 pada Software Expert Choice



Gambar 4.3 Nilai Pembobotan Waste Responden 1



Gambar 4.4 Input Nilai Pengaruh Waste berdasarkan Responden 2 pada Software Expert Choice



Gambar 4.5 Nilai Pembobotan Waste Responden 2



Gambar 4.6 Input Nilai Pengaruh Waste berdasarkan Responden 3 pada Software Expert Choice

Transportation	.096
Waiting	.372
Motion	.177
Overproduction	.066
Inventory	.119
Excess Processing	.095
Defect	.076

Gambar 4.7 Nilai Pembobotan *Waste* Responden 3

4.2 Measure

Setelah melakukan fase *define*, selanjutnya adalah fase *measure* untuk melakukan pengukuran dan pengolahan data yang telah didapatkan.

4.2.1 Perhitungan DPMO

Tabel 4.11. Perhitungan DPMO untuk *Waste Waiting*

Langkah	Tindakan	Tahapan	Hasil
1	Proses yang ingin diketahui		Proses Maintenance Container Crane
2	Total waktu yang tersedia		672,000
3	Total breakdown		392,500
4	Menghitung tingkat kegagalan	Langkah 3/Langkah 2	0,584
5	Banyak CTQ yang dapat menyebabkan waiting	Karena rusak	2
6	Peluang tingkat kegagalan per karakteristik CTQ	Langkah 4/Langkah 5	0,292
7	Menghitung kemungkinan defect per sejuta peluang (DPMO)	Langkah 6*1000000	292.038,700

4.2.2 Perhitungan nilai sigma

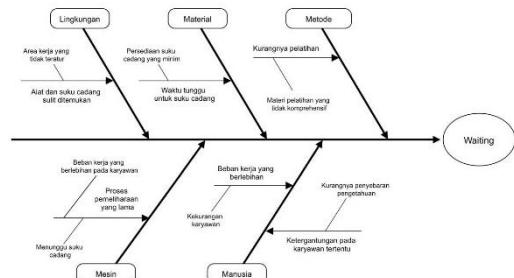
Tabel 4.12. Perhitungan Nilai Sigma untuk *Waste*

Sigma		
Waste	DPMO	Nilai Sigma
Waiting	292.038,700	2,050

4.3 Analyze

Tahap ini merupakan tahap dalam menganalisis hasil dari pengolahan data sebelumnya.

4.3.1 Diagram *fishbone*



Gambar 4.8 Diagram Ishikawa dari Penyebab Waste pada Maintenance Container Crane

4.3.2.1 Perhitungan nilai r tabel

N	The Level of Significance	
	5%	1%
3	0.997	0.999
4	0.950	0.990
5	0.878	0.959
6	0.811	0.917
7	0.754	0.874
8	0.707	0.834
9	0.666	0.798
10	0.632	0.765
11	0.602	0.735
12	0.576	0.708
13	0.553	0.664
14	0.532	0.661
15	0.514	0.641

Gambar 4.9 Pengambilan Nilai r Tabel

4.3.2.2 Hasil uji validitas

Tabel 4.16 Hasil Uji Validitas Angket *Severity*

Butir	r hitung	r tabel	Kesimpulan
S1	0,621	0,553	Valid
S2	0,758		Valid
S3	0,693		Valid
S4	0,735		Valid
S5	0,730		Valid
S6	0,682		Valid
S7	0,676		Valid

Tabel 4.17 Hasil Uji Validitas Angket *Occurrence*

Butir	r hitung	r tabel	Kesimpulan
O1	0,617	0,553	Valid
O2	0,638		Valid
O3	0,811		Valid
O4	0,586		Valid

O5	0,596		Valid
O6	0,714		Valid
O7	0,608		Valid

Tabel 4.18 Hasil Uji Validitas Angket *Detection*

Butir	r hitung	r tabel	Kesimpulan
D1	0,607	0,553	Valid
D2	0,616		Valid
D3	0,781		Valid
D4	0,570		Valid
D5	0,704		Valid
D6	0,637		Valid
D7	0,588		Valid

4.3.2.3 Hasil uji reliabilitas

**Tabel 4.20 Hasil Uji Probabilitas Angket
Severity (S)**

Atribut	Cronbach's Alpha	Kesimpulan
S1	0,769	Reliabel
S2		Reliabel
S3		Reliabel
S4		Reliabel
S5		Reliabel
S6		Reliabel
S7		Reliabel

**Tabel 4.21 Hasil Uji Probabilitas Angket
Occurrence (O)**

Atribut	Cronbach's Alpha	Kesimpulan
O1	0,770	Reliabel
O2		Reliabel
O3		Reliabel
O4		Reliabel
O5		Reliabel
O6		Reliabel
O7		Reliabel

Tabel 4.22 Hasil Uji Probabilitas Angket Detection (D)

Atribut	Cronbach's Alpha	Kesimpulan
D1	0,763	Reliabel
D2		Reliabel
D3		Reliabel
D4		Reliabel
D5		Reliabel
D6		Reliabel
D7		Reliabel

4.3.2 Failure mode and effect analysis (FMEA)

Setelah diagram fishbone selanjutnya dilanjutkan dengan metode FMEA (Failure mode and effect analysis) sehingga diperoleh besaran RPN (Risk Priority Number) sebagai berikut:

Tabel 4.23 Perhitungan RPN (risk priority number)

Jenis Kegagalan Potensial	Penyebab	S	O	D	RPN (SxOxD)
Waiting	Area kerja yang tidak teratur	7	5	5	175
	Persediaan suku cadang yang minim	8	6	5	240
	Materi pelatihan yang tidak komprehensi f	6	5	4	120
	Kurangnya penyebaran pengetahuan	6	5	5	150
	Kekurangan karyawan	7	7	5	245
	Menunggu suku cadang	8	7	5	280
	Beban kerja yang berlebihan pada karyawan	6	6	5	180

4.3 Improve

4.4.1 Alternatif perbaikan

Setelah pada analisis FMEA didapatkan

nilai RPN untuk masing-masing penyebab, selanjutnya adalah menentukan berbagai masukan untuk melakukan *improvement* bagi perusahaan.

Tabel 4.24 Rekomendasi Perbaikan untuk Perusahaan

No .	Penyebab	Rekomendasi Perbaikan	Penanggung Jawab
1	Menunggu suku cadang	Meningkatkan stok cadangan untuk mengantisipasi kebutuhan mendesak dan mengurangi waktu tunggu.	<i>Warehouse manager</i>
		Mengimplementasikan sistem automasi untuk pemesanan suku cadang agar lebih cepat dan efisien.	IT manager
2	Kekurangan karyawan	Melakukan perekruit tambahan dan program pelatihan untuk mengisi kekurangan tenaga kerja.	HRD dan supervisor pemeliharaan
		Mengevaluasi alokasi SDM dan mempertimbangkan penugasan ulang atau pekerjaan tambahan dari karyawan yang ada.	HRD dan supervisor pemeliharaan
3	Persediaan suku cadang yang minim	Menerapkan sistem manajemen inventaris yang lebih baik untuk memantau dan mengelola persediaan secara <i>real-time</i> .	<i>Warehouse manager</i>
		Menggunakan analisis data untuk memperkirakan kebutuhan suku cadang dan meningkatkan perencanaan persediaan.	IT manager
4	Beban	Menganalisis dan	HRD dan

	kerja yang berlebihan pada karyawan	redistribusi beban kerja agar lebih seimbang di antara karyawan. Mengidentifikasi tugas-tugas yang dapat diotomatisasi untuk mengurangi beban kerja manual.	<i>supervisor</i> pemeliharaan <i>Supervisor</i> pemeliharaan	dan efisiensi kerja untuk membantu karyawan dalam menangani berbagai situasi di lapangan. Melakukan evaluasi berkala terhadap materi pelatihan dengan meminta <i>feedback</i> dari peserta pelatihan.	
5	Area yang kerja yang tidak teratur	Menerapkan prinsip 5S (<i>Sort, Set in order, Shine, Standardize, Sustain</i>) untuk merapikan dan mengatur area kerja.	<i>Supervisor</i> pemeliharaan		HRD dan <i>Supervisor</i> pemeliharaan
		Mengimplementasikan sistem pengawasan rutin dan menegakkan standar kebersihan serta organisasi area kerja.	<i>Supervisor</i> pemeliharaan dan K3		Pemeliharaan
6	Kurangnya penyebarluasan pengetahuan	Membentuk tim mentor dimana karyawan yang lebih berpengalaman mendampingi kartawan yang baru atau kurang berpengalaman dalam tugas-tugas pemeliharaan.	HRD dan <i>Supervisor</i> pemeliharaan		
		Membuat sistem <i>database</i> berbasis digital yang berisi informasi penting seperti panduan <i>troubleshooting</i> , SOP, dan hasil evaluasi kerja yang bisa diakses oleh semua karyawan.	HRD dan <i>Supervisor</i> pemeliharaan		
7	Materi pelatihan yang tidak komprehensif	Mengembangkan pelatihan yang lebih menyeluruh dengan menambahkan materi, seperti <i>troubleshooting</i>	HRD dan <i>Supervisor</i> pemeliharaan		

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa *waste waiting* merupakan *waste* yang paling tinggi dalam proses pemeliharaan *Container Crane* berdasarkan perhitungan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), yakni sebesar 0,424 dimana dapat mengakibatkan keterlambatan dalam penyelesaian pekerjaan. Hal tersebut diketahui berdasarkan penerapan metode *Lean Six Sigma* yang mencakup identifikasi dan analisis penyebab utama dari *waste waiting* dengan menggunakan *tools* seperti *Value Stream Mapping*, analisis DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) sehingga didapatkan nilai sebesar 292.038,7 yang apabila dikonversikan ke nilai sigma menjadi 2,05 yang menandakan perlu adanya perbaikan. Kemudian analisis diagram *fishbone*, serta FMEA (*Faijure Mode and Effect Analysis*) untuk mengidentifikasi area-area yang membutuhkan perbaikan.
2. Dengan menerapkan metode *Lean Six Sigma*, sejumlah perbaikan dapat dilakukan untuk mereduksi *waste*, khususnya *waiting* di PT Equiport Inti Indonesia Site TPK Bitung. Perbaikan yang diusulkan mencakup peningkatan stok cadangan untuk mengantisipasi kebutuhan mendesak dan mengurangi waktu, serta penambahan atau redistribusi tenaga kerja guna mengurangi beban kerja yang berlebihan. Selain itu, pengaturan ulang tata letak dan area kerja juga diusulkan untuk memperlancar alur kerja dan mengurangi waktu yang terbuang.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penulis menyarankan kepada peneliti selanjutnya untuk memperdalam analisis *waste* lain selain waktu tunggu (*waiting*), mengkaji dampak teknologi baru seperti IoT dalam pemeliharaan, membandingkan metode *Lean Six Sigma* dengan metode lain seperti TPM, menerapkan penelitian serupa pada jenis *crane* yang berbeda, melakukan studi kasus di berbagai perusahaan untuk validasi hasil, meneliti peran sumber daya manusia dalam pengurangan

pemborosan, serta menggunakan metode statistik yang lebih kompleks untuk mengevaluasi dampak penerapan *Lean Six Sigma* secara lebih mendetail.

Daftar Pustaka

- Basu, R dan Wright, J.N 2003, *Quality Beyond Six Sigma*, Replika Press Pvt. Ltd, India.
- Brue, Greg. 2002. *Six Sigma for Manager*, McGraw-Hill, United States of America.
- Bukoi, Arismunandar, Agung Sutrisno, and Johan SC Neyland. "PENERAPAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS PADA PELAYANAN SEKTOR PUBLIK (STUDI KASUS PASAR TRADISIONAL)." *Jurnal Tekno Mesin* 10.1 (2024): 48-57.
- Eckes, George 2003, *Six Sigma for Everyone*, Jhon Wiley & Sons, Inc, United States of America.
- Gazpersz, V. & Fontana, A., 2015. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Bogor: Vinchriso Publication.
- George, Michael L 2002, *Lean Six Sigma*, McGraw-Hill, United States of America.
- Hermawan, A. (2018). *Lean Six Sigma: Metode Praktis untuk Meningkatkan Kualitas dan Produktivitas Bisnis*. Jakarta: PPM Manajemen.
- Hines, P. & Taylor, D., 2000. *Going Lean*. United Kingdom: Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School.
- Locher, D 2008, *A Value Stream Mapping for Lean Development*, Taylor & Francis Group, New York.
- Luhur, Aji. "Pengaruh Performa Quay Container Crane dan Penerapan System Single Cycle dan Dual Cycle Terhadap Bongkar Muat Peti Kemas di KSO Peti Kemas Koja Jakarta." *Jurnal Maritim Polimarin* 9.1 (2023): 45-57.
- Mahmudah, N., Parikesit, D., Malkhamah, S., dan Priyanto, S. 2011. "Pengembangan Metodologi Perencanaan Transportasi Barang Regional". *Jurnal Transportasi*. 11 (3): 173-182.
- Mann, David 2010, *Creating a Lean Culture*, CRC Press, United States of America. Pande, P. S., Neuman, R. P. & Cavanagh, R. R., 2000. *The Six Sigma Way*. New York: McGraw Hill.
- Praharsi, Yugowati, and Danis Maulana. "Analisa kinerja bongkar muat dengan *lean six sigma* untuk mengurangi *demurrage* di pelabuhan PT. Petrokimia Gresik." *Jurnal Manajemen Maranatha* 19.2 (2020): 105-114.
- Pratiwi, S. W., Rachma M. S., Poncotoyo, W. 2021. "Penerapan Six Sigma pada Proses Pabrikasi untuk Menurunkan Biaya Rantai Pasok". Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jakarta, Indonesia.
- Rother, M. & Shook, J., 2003. *Learning to See*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- Ruffa, Stephen 2008, *Going Lean: How the Best Companies Apply Lean Manufacturing Principles to Shatter Uncertainty, Drive Innovation, and Maximize Profits*, Graphic Composition, Amerika.
- Siregar, Christmas T. Nauli, Paulus Kindangen, and Indrie Debbie Palandeng. "Evaluasi Pemeliharaan Mesin dan Peralatan Produksi PT. Multi Nabati Sulawesi (MNS) Kota Bitung." *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi* 10.3 (2022): 428-435.
- Tjiptono, F., & Diana, A. (2015). *Total Quality Management*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wilson, Lonnie 2010, *How to Implement Lean Manufacturing*, McGraw-Hill, United States of America.
- Womack, J.P dan Jones, D.T 2003, *Lean Thinking*, Free Press, United States of America.
- Yunus, Yasero Lazarus, Oksfriani Jufri Sumampouw, and Franckie RR Maramis. "Hubungan antara kelelahan kerja dengan stres kerja pada teknisi di PT. Equiport Inti Indonesia Bitung." *KESMAS* 10.2 (2021).
- Zhang, Y. et al. (2021). "Waste Identification and Reduction in Maintenance Processes: A Lean Six Sigma Perspective." *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(4), 631-645. DOI: 10.1108/JQME-2020-0087.