

# Penerapan *Lean Six Sigma* pada PT. Pamapersada Nusantara Proyek Arem

<sup>1</sup>Elin Trinovita, <sup>2</sup>Nofie Iman Vidya Kemal, <sup>3</sup>Tsanía Ayu Rohani, <sup>4</sup>Alfian Abdul Ghaffar,  
<sup>5</sup>Mahendra Ryansa Gallen Gagah Pratama

<sup>1,3,4,5</sup>Universitas Negeri Yogyakarta, <sup>2</sup>Universitas Gadjah Mada  
Yogyakarta, Indonesia

elintrinovita@uny.ac.id

\*Penulis Korespondensi

Diajukan : 15/10/2024

Diterima : 17/10/2024

Dipublikasi : 21/10/2024

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengurangi waiting waste pada aktivitas operasional penambangan yang dijalankan oleh PT. PAMA proyek Arem menggunakan konsep lean six sigma. Data yang dikumpulkan untuk menunjang penelitian berupa data primer dari hasil wawancara dan observasi, serta data sekunder yang diperoleh dari data internal perusahaan dan studi pustaka. Data yang digunakan dalam analisis permasalahan terdiri atas data status delay waiting unit loader, use of availability (UA), dan data produksi over burden (OB) unit loader sejak bulan Juni hingga Desember 2017. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga penyebab utama tingginya waiting waste pada aktivitas operasional penambangan yang dijalankan oleh PT. PAMA proyek Arem yaitu I15 (rain), D05 (wait equipment), dan D09 (meal and rest). Dari ketiga penyebab tersebut peneliti memfokuskan analisisnya pada D05 karena nilainya berada di atas budget plan perusahaan dan kendalanya bukan faktor alam sehingga dapat dikontrol oleh manusia.

**Kata Kunci:** *delay waiting equipment, DMAIC six sigma, fish-bone diagram, lean six sigma, waiting waste.*

## I. PENDAHULUAN

Industri batubara mengalami tekanan berat ditandai dengan adanya penurunan konsumsi batubara dunia dimulai sejak tahun 2013 yang juga diikuti dengan penurunan harga batubara global. Kondisi ini memberikan dampak pada penurunan profitabilitas perusahaan baik itu perusahaan pemilik lahan konsesi maupun perusahaan penyedia jasa kontraktor pertambangan batubara. Perusahaan harus menerapkan efisiensi di berbagai aspek kegiatan operasional untuk menekan biaya. Salah satu perusahaan yang ikut merespon kondisi bisnis global yang ada adalah PT. Pamapersada Nusantara (PAMA).

PT. PAMA merupakan salah satu perusahaan nasional yang perkembangan bisnisnya sangat pesat. Bisnis PT. PAMA bergerak di bidang "*mining and earth moving contractor*" yang menangani berbagai proyek pertambangan (batubara, emas, quarry), proyek konstruksi, penyiapan lahan, dan *logging*. Salah satu proyek yang saat ini dijalankan oleh PT. PAMA adalah proyek Arem yang merupakan lahan konsesi PT. Arutmin Indonesia. Lokasi tambang terletak di desa Sungai Cuka, kecamatan Kintap, kabupaten Tanah Laut, provinsi Kalimantan Selatan.

Proyek Arem merupakan salah satu lokasi tambang baru yang dikerjakan oleh PT. PAMA. Kegiatan operasional pertambangan mulai dikerjakan sejak bulan Juni 2017, namun area ini

merupakan area Ex-PETI (lahan bekas tambang) yang sempat ditinggalkan. Oleh sebab itu, kondisi lokasi tambang tidak seideal jika membuka lahan tambang baru.

Kondisi area tambang yang tidak ideal tersebut menyebabkan masalah dalam kegiatan operasional penambangan yaitu menjadi penyumbang *waiting waste*. Berdasarkan data internal perusahaan diketahui bahwa total rata-rata waktu tunggu per unit *loader* dari bulan Juni hingga Desember 2017 melebihi *budget* yang telah ditentukan sebesar 15 persen. Hal ini berdampak pada UA (*use of availability*) unit *loader* yang juga rendah dari target sebesar 69 persen dan aktualnya hanya tercapai 54 persen, deviasinya sebesar 15 persen. UA unit yang rendah juga berdampak pada tidak tercapainya produksi yang ditargetkan sebesar 2.755.877 bcm dan aktualnya hanya tercapai 1.152.448 bcm, atau kehilangan produksi sebesar 52%.

Permasalahan tingginya waktu tunggu ini berakibat pada aktivitas operasional yang menjadi tidak efektif dan efisien. Perusahaan perlu untuk mencari solusi terbaik dalam mengatasi permasalahan tersebut agar dapat menekan biaya operasional dan mencapai target produksi yang telah ditentukan. Salah satu pilihan solusi yang bisa dijalankan adalah dengan menerapkan *lean six sigma* (Utama & Abirfatin, 2023).

*Lean* merupakan pembelajaran dari Toyota yang meningkatkan *market share*-nya melalui perbaikan pada proses, terutama pada dasar penjualan, juga pada desain dan pengembangan, dengan menerapkan ketelitian dalam prosesnya (Parry et al., 2010). *Lean* digunakan untuk mendeskripsikan pendekatan yang diamati pada usaha Toyota dalam menghilangkan pemborosan dan memperbaiki tingkat efisiensi (Parry et al., 2010). Proses analisis untuk menentukan penyebab utama masalah waste yang terjadi dalam aktivitas operasional produksi PT. PAMA proyek Arem dilakukan dengan menggunakan fish-bone diagram. Fish-bone diagram (cause-and-effect diagram) adalah suatu skematik diagram yang digunakan untuk menemukan lokasi yang mungkin dari problem kualitas (Heizer et al., 2017).

## II. STUDI LITERATUR

*Lean six sigma* merupakan suatu pendekatan yang mengintegrasikan antara konsep *lean operation* dan *six sigma* untuk memperbaiki proses operasional perusahaan sehingga dapat menghilangkan *waste* dan memperbaiki kualitas kinerja kerja (Skalli et al., 2022). *Lean* fokus pada menghilangkan *waste*, dan *six sigma* dengan menggunakan kerangka DMAIC dipakai untuk memperbaiki proses.

*Lean* merupakan pembelajaran dari Toyota yang meningkatkan *market share*-nya melalui perbaikan pada proses, terutama pada dasar penjualan, juga pada desain dan pengembangan, dengan menerapkan ketelitian dalam prosesnya (Parry et al., 2010). *Lean* digunakan untuk mendeskripsikan pendekatan yang diamati pada usaha Toyota dalam menghilangkan pemborosan dan memperbaiki tingkat efisiensi (Parry et al., 2010)

*Lean operation* didefinisikan sebagai sebuah transformasi bisnis yang bertujuan untuk menghilangkan *waste* dan melakukan perbaikan secara berkelanjutan. Terdapat delapan jenis *waste* dalam TPS yang dijelaskan oleh (Liker, 2004) dalam bukunya "The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer". Delapan *waste* tersebut di antaranya yaitu *Over production*, *Waiting (time on hand)*, *Unnecessary transport*, *Over processing*, *Excess inventory*, *Unnecessary movement*, *Defect*, *Unused employee creativity*.

Secara umum, *Six Sigma* adalah metodologi yang dipergunakan untuk melakukan upaya perbaikan dan peningkatan proses yang berkesinambungan atau terus menerus (*Continuous Improvement*). (Snee, 2000) mendefinisikan *six sigma* sebagai suatu pendekatan perbaikan bisnis untuk menemukan dan mengeliminasi penyebab suatu kesalahan atau kegagalan dalam proses bisnis dengan berfokus pada hasil yang sangat penting bagi konsumen. Menurut (Heizer et al.,

2017), *six sigma* memiliki dua makna, pertama dari sudut pandang statistik *six sigma* menggambarkan suatu proses, produk, atau jasa yang memiliki kapabilitas ekstrim yang tinggi (akurasi 99,9997 persen). Kemudian makna yang kedua dari sudut pandang TQM, *six sigma* didefinisikan sebagai suatu program yang didesain untuk mengurangi kerusakan untuk membantu menurunkan biaya, menghemat waktu, dan memperbaiki kepuasan konsumen.

*Lean* dan *six sigma* merupakan pendekatan yang bekerja secara berbeda, namun terdapat kesamaan di antara keduanya (Chen et al., 2023). Seperti yang terlihat saat ini bahwa integrasi antara *lean* dan *six sigma* mengarah pada suatu keunggulan bisnis yang paling efektif, produktif, dan ekonomis (Chaurasia et al., 2016). Dengan menggabungkan kedua metode ini, aktivitas dalam proses produksi akan menjadi lebih ideal. Dampaknya perusahaan dapat memberikan kualitas yang lebih baik dan diikuti dengan penurunan biaya operasional.

Kombinasi metode *lean* dan *six sigma* pada aktivitas operasional pertambangan dapat membantu perusahaan untuk mengeliminasi dan mengurangi *waste* yang ada pada aliran proses produksinya. Sehingga konsep ini tidak hanya berlaku pada perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur, namun juga dapat diterapkan pada perusahaan yang bergerak di bidang lainnya.

Jika dibandingkan dengan kegiatan operasional pada manufaktur, kegiatan operasional pada pertambangan cenderung lebih siklik. Hal ini ditunjukkan dengan pengaturan (*setup*) dilakukan di antara siklus yang berurutan. Strategi bijaksana yang bisa diterapkan adalah dengan cara merancang suatu sistem yang dapat meningkatkan durasi suatu siklus yang dampaknya dapat mengurangi frekuensi kegiatan pengaturan yang dilakukan (Detty & Yingling, 2000).

Terdapat beberapa kendala yang mungkin dijumpai pada saat menerapkan metode *lean* yang sebelumnya didesain untuk perusahaan otomotif dan akan diterapkan pada perusahaan pertambangan. Untuk lebih jelasnya perbedaan antara industri otomotif dan industri pertambangan dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Operasional antara Bisnis Pertambangan dan Otomotif

Bisnis Pertambangan	Bisnis Otomotif
Kegiatan operasional pada pertambangan tidak dapat dihentikan, merupakan proses inheren produksi dengan sistem <i>push in the process</i>	Kegiatan perakitan dalam otomotif dapat dihentikan, sehingga memiliki kemampuan untuk menciptakan <i>pull system</i>
Produksi dilakukan secara terus menerus dan sepanjang waktu	Produksi merupakan unit yang berlainan dan biasanya kurang dari siklus satu hari
Dipengaruhi cuaca	Kegiatan <i>in door</i>
Keragaman lingkungan	Lingkungan kerja yang stabil
Output tersebar secara geografis	Pabrik tetap
Menghasilkan debu dalam jumlah yang besar	Menghasilkan debu dalam jumlah yang kecil
Lokasi terpencil	Kota besar
Keragaman material dasar yang inheren	Material dasar yang terkontrol

Sumber: Data diolah

Penelitian terdahulu dari (Indrawati & Ridwansyah, 2015) membahas mengenai penerapan konsep *lean six sigma* untuk mengatasi masalah tidak tercapainya target produksi bijih besi. Selain

itu terdapat penelitian lain dari (Sinha, 2008) mengenai pelaksanaan konsep manajemen risiko menggunakan prinsip *six sigma* untuk konsistensi dan standarisasi suatu proses seperti yang diterapkan pada pertambangan batubara di India. Kedua penelitian terdahulu ini juga mendukung bahwa konsep *lean six sigma* juga dapat diterapkan dalam mengatasi permasalahan yang terjadi pada perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan.

### III. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat deskriptif kuantitatif dengan fokus penelitian pada aktivitas operasional yang dijalankan oleh PT. PAMA proyek Arem. Peneliti melakukan analisis terkait *wasting waste* yang terjadi dalam rangkaian proses operasional serta dampak yang ditimbulkan dari *waste* tersebut. Data yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah data primer dari hasil wawancara dan observasi serta data sekunder yang berasal dari data internal perusahaan dan studi kepustakaan.

Kegiatan pengumpulan data dimulai dari pelaksanaan wawancara terhadap *Section Head* divisi *Monitoring and Controlling* yang memiliki tanggung jawab terhadap pengolahan data aktivitas operasional dan memonitor pencapaian produksi terhadap target *plan*. Selanjutnya data lain diperoleh dari hasil observasi secara langsung di lapangan terkait aktivitas operasional yang dijalankan.

Data sekunder yang digunakan sebagai bahan analisis merupakan data internal perusahaan berupa *raw data* aktivitas operasional aktual beserta dengan ketercapaian produksi aktual, dan data *budget plan* perusahaan. *Raw data* yang digunakan merupakan data sejak awal produksi di bulan Juni hingga Desember 2017. Bagian akhir adalah dengan menggunakan studi kepustakaan untuk mengaitkan masalah yang terjadi dengan teori untuk menganalisis dan merumuskan alternatif solusi yang dapat diterapkan oleh perusahaan.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Fase Define*

Fase ini merupakan tahapan paling awal pada metode DMAIC *six sigma* (Daniyan et al., 2022) yaitu mengidentifikasi masalah operasional yang sedang dihadapi oleh perusahaan. Permasalahan tersebutlah yang kemudian dikaji lebih mendalam guna mendapatkan akar permasalahan dan solusi lebih lanjut yang dapat diterapkan.

Lokasi tambang pit Mulia adalah area Ex-PETI seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini menyebabkan kondisi area tambang yang tidak ideal dan memiliki tekstur material lepas yang sulit untuk ditangani. Perusahaan membutuhkan usaha lebih agar dapat menjalankan kegiatan operasional yang sesuai dan efektif untuk diterapkan pada area tersebut.

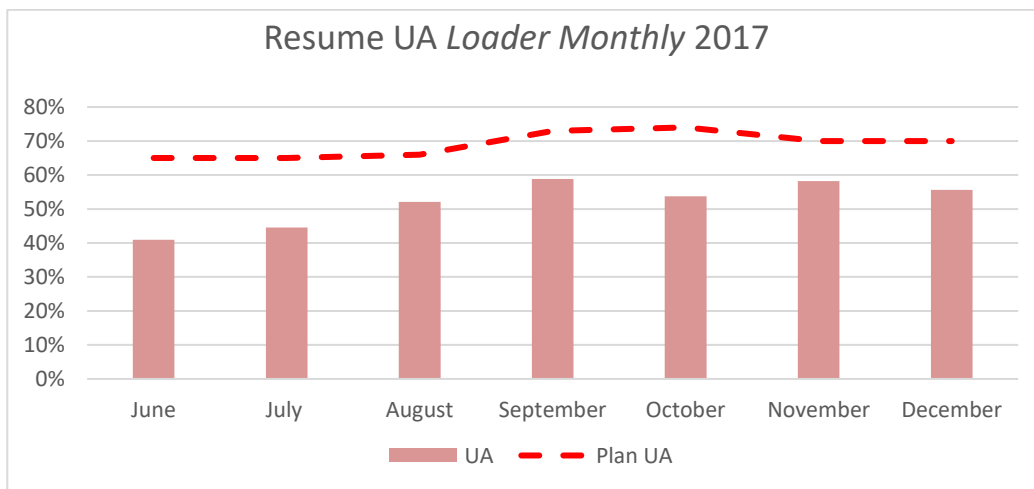


Gambar 1. Lokasi Tambang Pit Mulia PT. PAMA Proyek Arem  
 Sumber: Data Primer Dokumentasi Pribadi

**Fase Measure**

Fase ini merupakan tahapan kedua dalam kerangka DMAIC *six sigma*. Kegiatan yang dilakukan berupa menghimpun, merekonstruksi data, dan membandingkan masing-masing data aktual dengan data *budget plan* perusahaan.

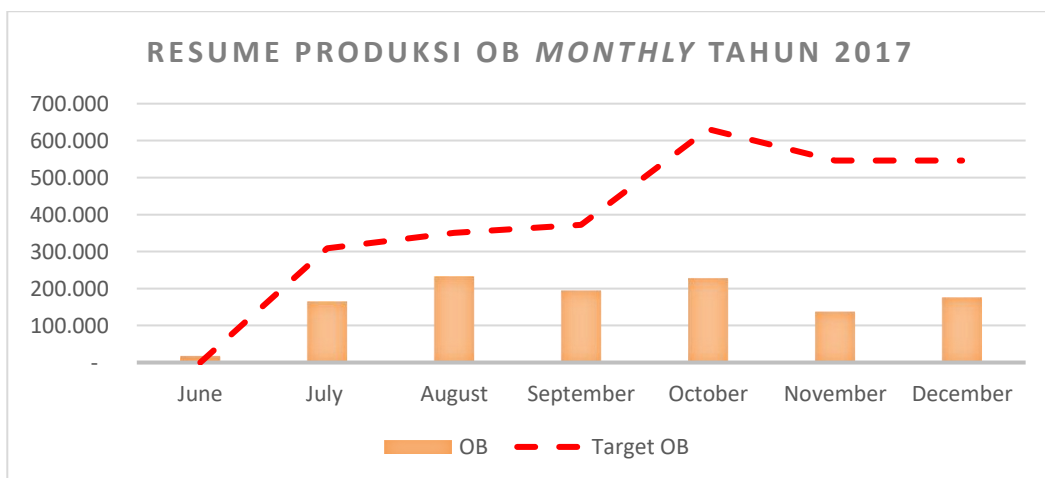
Berdasarkan rekaman data laporan produksi perusahaan, terdapat beberapa jenis *delay* yang menjadi sumber penyebab tingginya nilai *waiting waste* kegiatan operasional selama proyek ini berjalan. Data tersebut menunjukkan bahwa terdapat 3 jenis *delay* yang menjadi penyumbang terbesar tingginya nilai *waiting waste* pada unit *loader* selama kegiatan operasional yaitu I15 (*rain*), D05 (*wait equipment*), dan D09 (*meal and rest*).



Gambar 2. Grafik Resume *Use of Availability* (UA) *Loader* Bulanan Tahun 2017

Sumber: Data Internal Perusahaan Diolah

Kendala utama yang dihadapi oleh tim produksi karena tingginya nilai *waiting waste* pada unit *loader* berdampak pada *use of availability* (UA) unit *loader* yang tidak mencapai target (Gambar 2). Ketercapaian UA unit *loader year to date* (YTD) 2017 hanya sebesar 54 persen dari target yang telah ditentukan sebesar 69 persen, deviasinya sebesar 15 persen.



Gambar 3. Grafik Resume Data Produksi OB Bulanan Tahun 2017

## Sumber: Data Internal Perusahaan Diolah

PT. PAMA proyek Arem sejak awal beroperasi belum mampu mencapai target produksinya (Gambar 3). Hal ini berkaitan langsung dengan rendahnya UA dari unit, dampaknya jam beroperasi efektif menjadi lebih rendah sehingga tidak tercapainya target produksi *over burden* (OB). Tahun 2017 total target produksi *over burden* adalah sebesar 2.755.877 bcm, sementara ketercapaian produksi aktualnya hanya sebesar 48 persen.

## Fase Analyse

Terdapat beberapa jenis *waiting waste* yang terangkum dalam laporan produksi PT. PAMA proyek Arem dan terdapat tiga jenis *delay* yang menjadi sumber penyebab utama tingginya nilai *waiting waste* unit *loader* selama beroperasi. Masing-masing nilai *waiting waste* tersebut dibandingkan dengan nilai *budget* yang telah ditentukan oleh perusahaan.

Tabel 2. Resume Data *Waiting Waste Actual VS Budget Plan 2017*

Kode	Deskripsi	Plan 2017 (menit/unit/hari)	Actual (menit/unit/hari)							
			Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	YTD
D01	p2h	10.0	9.2	6.3	7.5	7.4	8.2	5.8	6.7	7.3
D02	fuel & lube	-	42.0	26.7	13.1	7.6	0.9	-	1.1	13.1
D04	move equip	5.0	33.4	4.4	5.5	7.6	4.3	4.5	1.9	8.8
D05	wait equip	125.0	175.4	200.2	131.7	152.7	199.5	50.7	72.1	140.3
D06	wait survey	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D07	wait blast	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D08	clean equip	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D09	meal & rest	120.0	84.0	82.6	90.1	91.8	104.9	100.1	93.0	92.4
D10	safety check	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D11	standby by request	-	79.0	13.1	65.3	16.9	-	-	-	24.9
D12	wait operator	-	-	-	7.6	7.3	7.9	-	0.3	3.3
D13	shift change	20.0	20.0	11.5	16.1	17.8	20.1	16.3	18.5	17.2
D14	dusty	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D15	pray	30.0	16.0	18.6	21.5	23.5	25.2	22.6	21.8	21.3
D16	daily check	-	-	-	0.1	-	-	-	-	0.0

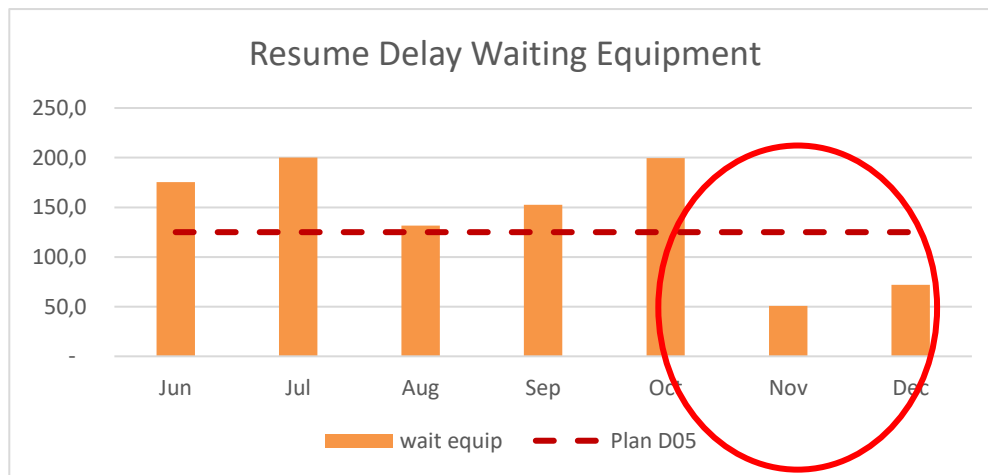
Kode	Deskripsi	Plan 2017 (menit/unit/hari)	Actual (menit/unit/hari)							YTD	
			Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
D17	no timesheet	-	-	0.6	-	-	-	-	8.7	-	1.3
I15	rain	160.0	321.0	255.5	191.8	117.4	161.1	236.3	231.2	216.3	
I17	slippery	80.0	68.0	115.2	78.3	49.7	83.9	93.3	125.7	87.7	

Sumber: Data Internal Perusahaan Diolah

Waiting waste akibat D09 (*Meal and Rest*) memiliki nilai yang tinggi namun tidak menjadi penyebab masalah dalam kegiatan operasional produksi. Berdasarkan data yang ada diketahui bahwa aktual D09 tidak melebihi *budget* yang telah ditentukan. Nilai *waiting waste* akibat I15 (*Rain*) merupakan masalah yang sulit untuk dikendalikan karena merupakan faktor alam. Sementara kegiatan operasional produksi pit Mulia adalah tambang terbuka. Pada saat cuaca sedang hujan kegiatan operasional produksi harus dihentikan.

Berdasarkan data pada Tabel 2 maka nilai *waiting waste* yang perlu diperbaiki adalah *waiting waste* akibat D05 yang memiliki nilai aktual diatas *budget*. Fokus analisis selanjutnya adalah menginterpretasikan *trend* nilai D05 bulanan sejak awal beroperasi di bulan Juni 2017 hingga Desember 2017.

Sesuai dengan Gambar 4, diketahui bahwa *trend* data *waiting equipment* unit loader sejak bulan Juni hingga Oktober 2017 selalu berada diatas *budget plan* perusahaan. Namun pada bulan November dan Desember 2017 nilai *delay waiting equipment* cenderung di bawah *budget plan*.



Gambar 4. Grafik Resume *Delay Waiting Equipment* Unit Loader Tahun 2017

Sumber: Data Internal Perusahaan Diolah

Berdasarkan data pada Tabel 3, diketahui bahwa pada bulan Juni hingga bulan Oktober perusahaan mengalami kehilangan produksi sebesar 117.645 bcm, sementara pada dua bulan terakhir tahun 2017 memperoleh tambahan produksi sebesar 95.790,8 bcm. Untuk menentukan kehilangan biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan, nilainya dapat dihitung dari mengalikan setiap bcm produksi dengan *rate/bcm* yaitu sebesar Rp. 29.500,00.

$Kehilangan\ biaya = Total\ Loss\ Produksi \times rate / bcm$

$$= 117.645\ bcm \times Rp. 29.500,00 = Rp. 3.470.527.500,00$$

$Tambahan\ biaya = Total\ Gain\ Produksi \times rate / bcm$

$$= 95.790,8\ bcm \times Rp. 29.500,00 = Rp. 2.825.827.125,0$$

**Tabel 3. Loss Produksi Akibat Delay Waiting Equipment Tahun 2017**

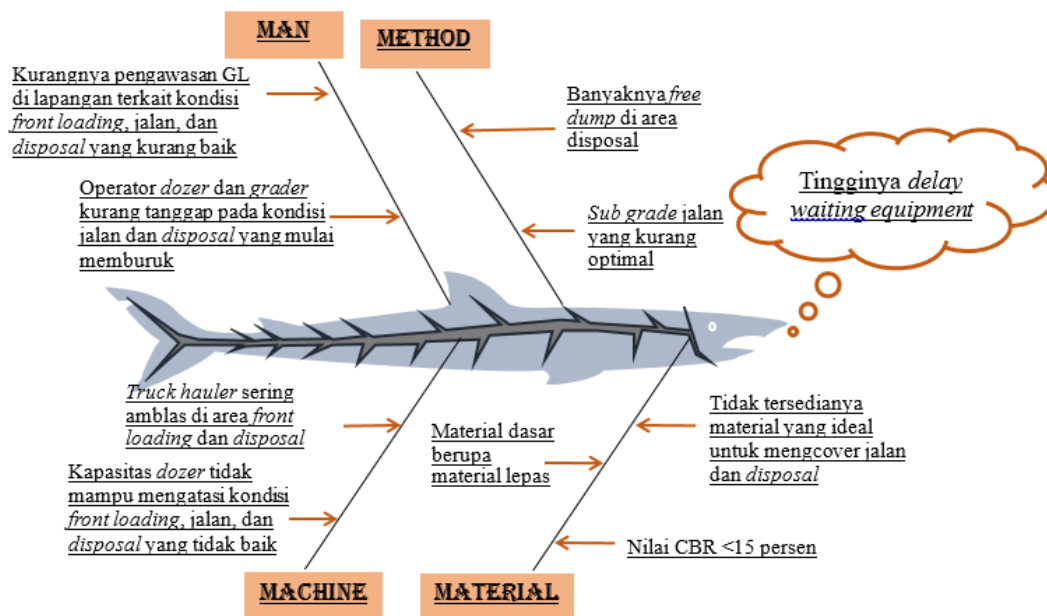
Month	D5	Plan D5 (*125 mnt)	Deviasi Loss & Gain Time (mnt)	Loss time D5 (hour)	Loss & Gain Production (*495 bcm)
June	877.0	625.0	252.0	4.2	2,079
July	10,609.0	6,625.0	3,984.0	66.4	32,868
August	11,852.0	11,250.0	602.0	10.0	4,967
September	13,740.0	11,250.0	2,490.0	41.5	20,543
October	18,557.0	11,625.0	6,932.0	115.5	57,189
November	4,562.0	11,250.0	(6,688.0)	(111.5)	(55,176.0)
December	6,702.0	11,625.0	(4,923.0)	(82.1)	(40,614.8)
<b>Total</b>	<b>66,899.0</b>	<b>64,250.0</b>	<b>2,649.0</b>	<b>44.2</b>	<b>21,854.3</b>

Sumber: Data Internal Perusahaan Diolah

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa selama bulan Juni hingga Oktober perusahaan harus menanggung kehilangan biaya sebesar Rp. 3.470.527.500,00. Namun kehilangan biaya tersebut tertolong dengan adanya tambahan biaya pada bulan November dan Desember sebesar Rp. 2.825.827.125,00 karena nilai *delay waiting equipment* di bawah *budget plan*. Sehingga kehilangan biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan akibat *delay waiting equipment* selama tahun 2017 hanya sebesar Rp. 644.700.375,00.

Pada pembahasan sebelumnya telah disampaikan bahwa nilai *delay waiting equipment* pada dua bulan terakhir tahun 2017 yang rendah bukan disebabkan karena telah dilakukan perbaikan terkait akar permasalahannya. Nilai *delay waiting equipment* yang rendah disebabkan karena jam operasional yang juga rendah karena faktor cuaca yang tidak baik. Oleh sebab itu masih diperlukan analisis lebih lanjut agar perusahaan dapat mengatasi dan mengantisipasi permasalahan tingginya *delay waiting equipment* pada waktu jam operasional produksinya tinggi. Hal ini juga dapat digunakan untuk memberikan tambahan pendapatan bagi perusahaan jika tidak terjadi *over budget* waktu *delay waiting equipment*.

Analisis lebih lanjut untuk mengetahui akar permasalahan nilai *delay waiting equipment* di atas *budget* menggunakan *fish-bone diagram*. Akar permasalahan yang dirumuskan dilihat dari berbagai aspek yaitu dari sisi *man*, *machine*, *method*, dan *material*. Hasil dari analisis masing-masing akar permasalahan dari berbagai aspek inilah yang kemudian dijadikan sebagai dasar dan acuan dalam merumuskan alternatif solusi perbaikan yang dapat diterapkan oleh perusahaan.



Gambar 5. Fish-bone Diagram

Sumber: Data Internal Perusahaan Diolah

### Fase Improve

Berikut merupakan beberapa alternatif solusi dan saran perbaikan yang dapat dilakukan oleh perusahaan dalam mengurangi tingginya nilai *waiting waste* akibat *delay waiting equipment*:

- Man:** Memberikan pengarahan kepada pengawas dan operator di lapangan secara berkala.
- Machine:** Penambahan *dozer* D155 di area *disposal*.
- Method:** Meminimalisir *free dump* di area *disposal* untuk mengurangi beban kerja unit *dozer* dan membuat SOP baru terkait prosedur operasional pada area dengan material lepas.
- Material:** Menyediakan material *capping* agar unit *hauler* tidak amblas.

### Fase Control

Penelitian yang dilakukan oleh penulis tidak sampai pada fase kontrol. Fase ini dilakukan pada saat alternatif solusi perbaikan sedang dijalankan.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa terdapat tiga penyebab utama tingginya *waiting waste* pada aktivitas operasional PT. PAMA proyek Arem yaitu I15, D05, D09. Fokus analisis penelitian pada D05 karena memiliki nilai di atas *budget plan* dan merupakan faktor yang dapat dikontrol oleh manusia,

Terdapat tiga dampak utama dari tingginya nilai *waiting waste* pada perusahaan. Dampak yang terjadi yaitu ketercapaian UA unit *loader* 15 persen di bawah target, kehilangan produksi sebesar 58 persen, dan kehilangan biaya akibat *delay waiting equipment* selama tahun 2017 sebesar Rp. 644.700.375,00.

Beberapa alternatif solusi perbaikan yang dapat diterapkan oleh perusahaan untuk mengurangi atau mengeliminasi tingginya *waiting waste* yang disebabkan oleh D05 di antaranya yaitu memberikan pengarahan kepada pengawas dan operator, penambahan unit *dozer* D155,

meminimalisir *free dump* dan membuat SOP baru, dan menyediakan material *capping*. Masing-masing alternatif solusi tersebut dapat diterapkan secara bertahap sesuai dengan tingkat kemudahan dalam pelaksanaan bagi perusahaan.

Dalam penelitian ini masih dijumpai beberapa kekurangan pada beberapa bagian. Oleh sebab itu untuk menyempurnakannya, peneliti selanjutnya dapat menggunakan data dengan kurun waktu yang lebih panjang, melakukan analisis penyebab terjadinya *waiting waste* tidak hanya fokus pada salah satu penyebab saja sehingga dampak perubahannya lebih besar, dan dapat ikut serta dalam proses kontrol ketika alternatif solusi perbaikan diterapkan.

## VI. REFERENSI

- Chaurasia, B., Garg, D., & Agarwal, A. (2016). Framework to improve performance through implementing Lean Six Sigma strategies to oil exporting countries during recession or depression. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(3), 422–432. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2015-0011>
- Chen, X., Kurdve, M., Johansson, B., & Despeisse, M. (2023). Enabling the twin transitions: Digital technologies support environmental sustainability through lean principles. *Sustainable Production and Consumption*, 38, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.03.020>
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofo, K., Maladzhi, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>
- Detty, R. B., & Yingling, J. C. (2000). Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study. *International Journal of Production Research*, 38(2), 429–445. <https://doi.org/10.1080/002075400189509>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operation Management Sustainability and Supply Chain Management 12th.Ed.* pearson. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat03297a&AN=cula.210487&site=eds-live>
- Indrawati, S., & Ridwansyah, M. (2015). Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. *Procedia Manufacturing*, 4, 528–534. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2015.11.072>
- Liker, Dr. J. K. (2004). Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. In *McGraw-Hill*. McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071392310>
- Parry, G., Mills, J., & Turner, C. (2010). Lean competence: Integration of theories in operations management practice. *Supply Chain Management*, 15(3), 216–226. <https://doi.org/10.1108/13598541011039974>
- Sinha, S. (2008). *Risk Management in Mines - The Six Sigma Way*.

- 
- Skalli, D., Charkaoui, A., & Cherrafi, A. (2022). Assessing interactions between Lean Six-Sigma, Circular Economy and industry 4.0: toward an integrated perspective. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 3112–3117. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.207>
- Snee, R. D. (2000). Guest Editorial. *Quality Engineering*, 12(3), IX–XIV. <https://doi.org/10.1080/08982110008962589>
- Utama, D. M., & Abirfatin, M. (2023). Sustainable Lean Six-sigma: A new framework for improve sustainable manufacturing performance. *Cleaner Engineering and Technology*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100700>