

ANALISIS OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS CONTINUOUS SHIP UNLOADER DENGAN PENERAPAN TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE DI PT XYZ

OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS ANALYSIS OF CONTINUOUS SHIP UNLOADER WITH TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE IMPLEMENTATION AT PT XYZ

Muhammad Vicky Ahmadi¹, Akhmad Wasiur Rizqi², Efta Dhartikasari Priyana³

Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik^{1,2,3}

muhammadvickyahmadi18@gmail.com¹, akhmad_wasiur@umg.ac.id², eftadhartikasari@umg.ac.id³

ABSTRACT

PT XYZ has Terminal for Self-Use (TUKS) with high frequency loading and unloading that's unloading carried by continuous ship unloader. This study aims to analyze Overall Equipment Effectiveness (OEE) value of continuous ship unloader with Total Productive Maintenance (TPM) implementation. The high unloading raises possibility of damage to equipment that can stop unloading. In maintaining continuity of unloading, maintenance is needed that can maximize effectiveness by implementing TPM. The purpose of TPM is to involve all employees in all departments to arrange, use, or maintain equipment in order to improve the productive maintenance system to optimize equipment effectiveness. The results of TPM implementation are expected to increase the effectiveness as well as the OEE value of the continuous ship unloader. In this study, the average OEE of 72.88% is not classified as the world standard OEE of at least 85%. The need for corrective action is to provide a buzzer in the operator's cabin when the load is high before an overload occurs and create an automatic lubrication system for each machine part that requires lubrication.

Keywords: TPM, OEE, Effectivity, Continuous Ship Unloader

ABSTRAK

PT XYZ memiliki Terminal Untuk Kepentingan Sendiri (TUKS) dengan frekuensi tinggi aktivitas bongkar muat yaitu *unloading* yang dilakukan oleh *continuous ship unloader*. Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dari *continuous ship unloader* dengan penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM). Tingginya aktivitas *unloading* menimbulkan kemungkinan terjadinya kerusakan pada peralatan yang dapat memberhentikan *unloading*. Dalam menjaga kontinuitas *unloading* diperlukan pemeliharaan yang mampu memaksimalkan efektivitas dengan menerapkan TPM. Tujuan TPM adalah mengikutsertakan semua karyawan pada seluruh departemen untuk menyusun, memakai, atau memelihara peralatan dalam rangka meningkatkan sistem pemeliharaan produktif guna mengoptimalkan efektivitas peralatan. Hasil dari penerapan TPM diharapkan dapat meningkatkan efektivitas sekaligus nilai OEE dari *continuous ship unloader*. Dalam penelitian ini dihasilkan rata-rata OEE sebesar 72,88% tidak tergolong standar dunia OEE minimal 85%. Perlunya tindakan perbaikan yaitu memberikan *buzzer* di kabin *operator* ketika beban tinggi sebelum terjadi *overload* dan membuat sistem pelumasan otomatis pada setiap bagian mesin yang memerlukan pelumasan.

Kata Kunci: TPM, OEE, Efektivitas, Continuous Ship Unloader.

PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur pada bidang agroindustri sebagai peran penting di negara Indonesia hal itu karena Indonesia adalah negara agraris. Indonesia adalah negara agraris dengan banyaknya penduduk yang berprofesi di bidang pertanian (Sekretariat Kabinet Republik Indonesia, 2022). Pupuk menjadi kebutuhan para petani di Indonesia juga dalam rangka memenuhi jumlah kebutuhan pupuk negara

Indonesia perusahaan manufaktur agroindustri agar selalu dapat memproduksi dan meningkatkan produksinya.

PT XYZ adalah perusahaan yang memproduksi pupuk dan menjadi produsen pupuk terlengkap di Indonesia yang menghasilkan berbagai jenis pupuk dan bahan kimia untuk mengatasi permasalahan agroindustri. PT XYZ termasuk dalam Badan Usaha Milik Negara atau BUMN dan dibawah naungan Pupuk Indonesia

Holding Company atau PIHC yang saat ini mampu memproduksi sampai 8,9 juta ton per tahunnya (PT Petrokimia Gresik, 2024).

PT XYZ memiliki Terminal Untuk Kepentingan Sendiri (TUKS) untuk melakukan kegiatan bongkar muat bahan baku produksi dengan peralatan *unloader* yaitu *Continuous Ship Unloader* secara terus menerus. Tinggi nya frekuensi kegiatan *unloading* di TUKS menimbulkan kemungkinan terjadinya kerusakan pada peralatan yang mengakibatkan berhentinya *unloading* hal ini sangat berpengaruh pada proses produksi. Dalam mempertahankan kualitas dan meningkatkan produktivitas, sisi esensial yang wajib diperhatikan yaitu pemeliharaan (*maintenance*) mesin dan fasilitas produksi (Berry, 2001).

Dalam kegiatan *unloading* yang secara kontinu oleh *Continuous Ship Unloader* diperlukan peningkatan peran *maintenance* atau pemeliharaan agar peralatan tidak mengalami kerusakan yang memberhentikan *unloading* yang secara kontinu. Proses *unloading* bahan baku produksi yang terganggu karena terjadinya kerusakan tentu akan mengganggu proses produksi perusahaan. Perusahaan harus dapat menciptakan proses produksi yang efektif dan efisien salah satunya adalah proses *unloading* yang efektif dan efisien guna menekan biaya produksi dan biaya pemeliharaan akibat kerusakan peralatan. Diperlukan peningkatan peran *maintenance* atau pemeliharaan dengan menerapkan *Total Productive Maintenance* (TPM) yang sejalan dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dalam meningkatkan efektivitas dengan mencegah terhadap kerugian-kerugian yang terjadi ketika proses *unloading* pada peralatan. Untuk mencapai keberhasilan dalam penerapan TPM harus dilaksanakan oleh seluruh karyawan baik operator sampai aktivitas grup kecil (Nakajima, 1988).

Dilakukan observasi langsung pada *continuous ship unloader* (CSU) diketahui bahwa *discharging rate* CSU mengalami penurunan dari spesifikasi *discharging rate* yaitu 1000 ton per jam menjadi 500 ton per

jam. Menurun nya performa CSU diakibatkan terjadinya kerusakan ketika *unloading* sedang berlangsung seperti *Inlet Device Low Speed*, *Vertical Conveyor Motor Starter Overload*, *vertical screw shaft* patah, material atau *cargo* yang *caking* atau keras, dan hambatan eksternal lainnya yang menimbulkan waktu *breakdown*. Dengan menerapkan TPM dalam penelitian ini bertujuan untuk mengurangi *breakdown*, *defect*, dan *accident* sekaligus bermanfaat sebagai pendalaman data perusahaan dalam menghitung tingkat efektivitas secara keseluruhan atau *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). OEE dapat digunakan sebagai alat identifikasi masalah dan pengambilan keputusan dalam upaya meningkatkan efektivitas *unloading* dari CSU.

Jenis Pemeliharaan atau *Maintenance*

Menurut Corder dalam (Nurdini, 2024) Pemeliharaan merupakan perpaduan banyak tindakan yang diterapkan guna mempertahankan suatu barang dengan kata lain memperbaiki hingga pada suatu keadaan yang dapat diterima. Menurut (Cudney, 2016) terdapat beberapa jenis pemeliharaan dalam penerapan TPM:

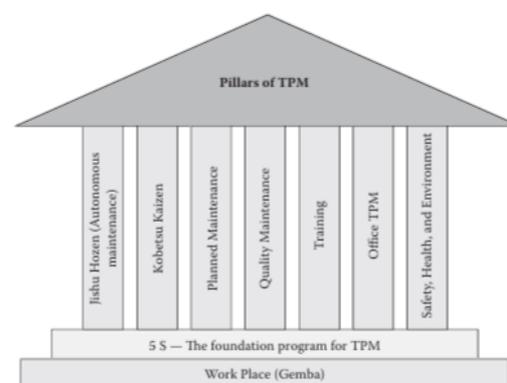
1. *Breakdown maintenance*, merupakan perbaikan pada peralatan ketika kinerjanya menurun atau rusak dan dilakukan ketika kerusakan atau kegagalan tidak terlalu mempengaruhi sistem operasi peralatan dan kerugian finansial yang tidak besar selain biaya untuk perbaikan. *Breakdown maintenance* dibagi menjadi dua jenis yaitu *planned repairs* dan *unplanned repairs*. Contoh penerapan *breakdown maintenance* seperti mesin yang membutuhkan oli namun kehabisan oli, peralatan yang dibiarkan dalam keadaan sangat kotor, dan bahan baku produksi yang menempel pada komponen luar mesin.
2. *Preventive maintenance*, yaitu pemeliharaan yang membantu agar peralatan tidak mengalami kerusakan

atau kecacatan. Ada beberapa kegiatan utama dalam menerapkan *preventive maintenance*:

- Pemeliharaan harian, meliputi pembersihan, pemeriksaan, pelumasan, dan pengencangan untuk mencegah kerusakan dan penurunan kondisi peralatan.
 - Melakukan inspeksi secara berkala untuk memeriksa kondisi terbaru dari peralatan
 - Restorasi dalam upaya untuk memperbaiki dan mengembalikan kondisi peralatan yang telah mengalami penurunan
- Preventive maintenance* juga dibagi menjadi dua jenis yaitu:
- a) *Periodic maintenance*, adalah pemeliharaan berbasis waktu. Hal yang diperlukan seperti unit siaga, suku cadang, peralatan inspeksi, pelumas, dan informasi teknis.
 - b) *Predictive maintenance*, adalah pemeliharaan dengan mendiagnosa peralatan secara sistematis dengan memahami kegagalan peralatan seperti suhu, getaran, tekanan, laju aliran, tingkat pelumasan, laju korosi, cacat material, dan hambatan listrik
3. *Corrective maintenance*, adalah pemeliharaan yang meliputi kegiatan mengidentifikasi, mengisolasi, dan memperbaiki kegagalan peralatan, mesin, atau aset yang rusak kembali pada kondisi operasional dalam toleransi dan batasan yang ditetapkan untuk pengoperasian. Adapun secara umum adalah bentuk pemeliharaan yang dilakukan setelah kegagalan atau masalah muncul dalam sistem, dengan tujuan memulihkan operasional. Proses *corrective maintenance* dimulai dengan diagnosis kegagalan untuk menentukan penyebabnya. Proses diagnosis tersebut seperti inspeksi fisik dari sistem, mengevaluasi sistem, dan wawancara dengan pengguna peralatan atau operator.

Total Productive Maintenance (TPM)

Kata “Total” dalam *Total Productive Maintenance* (TPM) mempunyai tiga arti yang dapat menggambarkan TPM. Pertama adalah Total Efektivitas dimana TPM fokus terhadap efisiensi ekonomi atau profit. Kedua adalah Total Sistem Pemeliharaan yang mencakup pemeliharaan pencegahan atau *Maintenance Prevention* (MP), pemeliharaan peningkatan atau *Maintainability Improvement* (MI), serta *Preventive Maintenance*. Ketiga adalah Total Partisipasi Seluruh Karyawan yang mencakup pemeliharaan otonom atau *Autonomous Maintenance* oleh operator melalui aktivitas kelompok kecil (Nakajima, 1988). Menurut (Cudney, 2016), TPM memiliki tujuan untuk meningkatkan kepuasan kerja melalui beberapa cara seperti pengurangan terhadap kerusakan (*reduced breakdowns*), pengurangan terhadap masalah kualitas (*reduced quality issues*), pengurangan terhadap insiden keselamatan dan lingkungan (*reduced safety / environments incidents*), pengurangan terhadap biaya (*reduced cost*), peningkatan keluaran (*improved throughput*), dan pemeliharaan yang darurat dan tidak terencana pada tingkat minimal (*Emergency and unplanned maintenance at a minimum*). TPM juga memiliki delapan pilar yang membentuk di dalam nya dalam penerapannya sebagai berikut:



Gambar 1. Delapan pilar TPM

Sumber: Buku *Total Productive Maintenance Strategies and Implementation Guide* (Cudney, 2016)

1. Pilar 1: 5S

Membuat tempat kerja menjadi terorganisir sehingga masalah dapat terlihat jelas dengan melakukan prinsip 5S di tempat kerja. Dengan membuat masalah terlihat jelas maka langkah dalam melakukan perbaikan menjadi mudah.

2. Pilar 2: *Autonomous Maintenance (Jishu Hozen)*

Meningkatkan tugas *operator* agar dapat melakukan pemeliharaan ringan. Memberikan tanggung jawab kepada *operator* peralatan agar melakukan pemeliharaan pencegahan terhadap kerusakan atau *preventive maintenance*.

3. Pilar 3: *Kobetsu Kaizen*

Kobetsu Kaizen memiliki makna yaitu perbaikan berkelanjutan atau *continuous improvement*. Tujuan dari pilar ini adalah *zero losses* atau tidak ada kerugian berkelanjutan dengan pemberhentian kecil, pengukuran, dan penyetulan. Selain itu juga untuk menciptakan *zero defects* atau tidak ada kecacatan dan mengurangi biaya manufaktur.

4. Pilar 4: *Planned Maintenance*

Tujuan dalam *planned maintenance* atau pemeliharaan yang direncanakan adalah untuk menciptakan *zero equipment failure and breakdown* atau tidak ada kerusakan pada peralatan dalam upaya meningkatkan ketersediaan alat dan pemeliharaan. Melatih *operator* agar lebih baik dalam melakukan pemeliharaan alat sekaligus mengurangi biaya pemeliharaan.

5. Pilar 5: *Quality Maintenance*

Pada pilar *quality maintenance* adalah pemeliharaan yang berfokus pada penghilangan ketidak sesuaian yang berpengaruh pada kualitas. Melihat potensi-potensi yang dapat memberikan masalah pada kualitas. Tujuan dari *quality maintenance* adalah untuk menciptakan *zero customer complaints* atau tidak ada keluhan pelanggan, mengurangi cacat dalam proses, dan mengurangi biaya kualitas.

6. Pilar 6: *Training*

Dalam pilar *training* adalah untuk membentuk karyawan yang memiliki skill dan semangat kerja yang tinggi agar dapat melakukan melaksanakan tugas secara mandiri dan efektif. Pelatihan atau training diberikan kepada *operator* dengan capaian *operator* dapat melakukan dan mengajarkan tugas kepada karyawan lain. Tujuan dari training untuk menciptakan tidak ada kerugian yang disebabkan kurangnya pengetahuan karyawan.

7. Pilar 7: *Office TPM*

Office TPM dilakukan untuk mengurangi dari kerugian-kerugian seperti kerugian kerusakan peralatan kantor, kerugian biaya tinggi pengadaan dan pemasaran, kerugian waktu untuk pengambilan informasi, dan kerugian pengiriman dan pembelian darurat.

8. Pilar 8: *Safety, Health, and Environment*

Pada pilar *Safety, Health, and Environment* adalah untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat tidak rusak yang diakibatkan oleh proses kerja ataupun prosedur kerja yang diterapkan serta teratur dalam menerapkan pilar-pilar TPM lainnya.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Menurut (Nakajima, 1988), *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* adalah model metode penilaian mengenai tingkat efektivitas penggunaan peralatan atau sistem dengan memasukkan beberapa perspektif pada proses penilaian tersebut (Jamil, 2020). Keinginan perusahaan dalam menciptakan efisiensi produksi tentunya didukung oleh peralatan atau mesin produksi yang mampu bekerja secara efektif. Dalam kenyataan di lapangan kerusakan sering terjadi menyebabkan waktu produktif mesin atau peralatan berkurang sehingga efektivitas peralatan atau mesin dalam melakukan produksi berkurang. Oleh karena itu faktor-faktor efektivitas perlu ditentukan. Menurut (Nakajima, 1988), nilai OEE atau efektivitas peralatan secara keseluruhan

yang harus dicapai perusahaan minimal = 85% dan menuliskan empat faktor standar OEE kelas dunia yang dijelaskan dalam tabel 1.

Tabel 1. Faktor dan Standar OEE kelas dunia

Faktor	Standar Kelas Dunia
Availability	90%
Performance	95%
Quality	99%
OEE	85%

Sumber: *Introduction to TPM Book* (Nakajima, 1988) oleh Vorne Industries (Vorne Industries, 2025)

Menurut (Borris, 2006) terdapat tiga metrik dalam menilai efektivitas suatu peralatan atau mesin. Pertama adalah perbandingan waktu kerja mesin terhadap waktu kerja yang tersedia atau disebut dengan *availability*. Kedua adalah perbandingan dari keluaran sebenarnya terhadap keluaran yang ditargetkan atau disebut dengan *performance*. Ketiga adalah perbandingan dari keluaran dari peralatan dengan cacat dalam keluaran tersebut atau disebut dengan *quality* (Saputra, 2023).

Menurut (Borris, 2006), OEE adalah hasil perkalian dari faktor *Availability*, *Performance*, dan *Quality* dengan rumus sebagai berikut:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad (1)$$

Berikut ini adalah penjelasan dan rumus perhitungan untuk mengukur ketiga faktor dalam menentukan nilai OEE:

1. *Availability*

Availability adalah perbandingan untuk menilai waktu tersedia mesin pada aktivitas operasional dengan masa yang telah ditetapkan (Ummah, 2022). Berikut ini adalah rumus perhitungannya.

$$Availability = \frac{Operating\ time}{Loading\ time} \quad (2)$$

$$Operating\ time = Loading\ time - total\ downtime \quad (3)$$

2. *Performance*

Performance merupakan perbandingan untuk menemukan nilai kualitas *output* sebenarnya dari produksi dengan mengalikan terhadap masa siklus ideal di waktu produksi yang tersedia (Ummah, 2022). Berikut ini adalah rumus perhitungannya.

$$Performance = \frac{processed\ amount \times ideal\ cycle\ time}{operating\ time} \times 100\% \quad (4)$$

Dalam rumus tersebut *processed amount* merupakan keseluruhan produk yang telah diproses dan *ideal cycle time* merupakan waktu ideal dalam tahap produksi dari mesin produksi.

$$Ideal\ cycle\ time = Waktu\ Siklus \times persentase\ jam\ kerja\ efektif \quad (5)$$

$$Waktu\ siklus = \frac{Loading\ time}{jumlah\ produk} \quad (6)$$

$$Persentase\ jam\ kerja = 1 - \frac{downtime}{machine\ working\ times} \quad (7)$$

3. *Quality*

Quality adalah perbandingan yang berfungsi guna menentukan *level* kesanggupan peralatan dalam menciptakan produk berkualitas berdasarkan spesifikasi yang berbanding dengan *level* produksi sebenarnya (Ummah, 2022). Berikut ini merupakan rumus perhitungannya.

$$Quality = \frac{Processed\ amount - defect}{Processed\ amount} \times 100\% \quad (8)$$

Six Big Losses

Menurut (Nakajima, 1988) dalam penelitian (Wijaya, 2023), *six big losses* adalah enam kerugian besar yang mengakibatkan menurunnya performa dari mesin dimana enam kerugian tersebut terdiri dari:

1. *Breakdown Loss* atau *Equipment Failure Loss*

Adalah kerugian yang disebabkan karena terjadinya kerusakan pada peralatan. Berikut adalah rumusnya.

$$BL = \frac{Total\ breakdown\ time}{Loading\ time} \times 100\% \quad (9)$$

2. *Set-up and Adjustment Loss*

Adalah kerugian yang disebabkan oleh waktu pengaturan dan penyesuaian pada

peralatan yang mengakibatkan waktu produksi berkurang dikarenakan mesin atau peralatan mengalami kerusakan. Berikut adalah rumus perhitungannya.

$$SAL = \frac{\text{set-up time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (10)$$

3. *Idle and Minor Stoppage Loss*

Adalah kerugian yang timbul dikarenakan mesin terjadi pemberhentian sementara, terjadinya kerusakan kecil dan waktu menganggur dari mesin. Berikut ini adalah rumus perhitungannya.

$$IMSL = \frac{\text{non production time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (11)$$

4. *Reduced Speed Loss*

Adalah kerugian yang muncul akibat dari menurunnya kelajuan mesin dalam beroperasi menjadikan mesin kurang optimal dalam bekerja. Berikut ini adalah rumus perhitungannya.

$$RSL = \frac{\text{operating time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{finish good})}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (12)$$

5. *Defect Loss*

Adalah kerugian yang muncul karena terdapat cacat produk pada hasil *output* dari peralatan setelah melakukan produksi. Berikut adalah rumus perhitungannya.

$$DL = \frac{\text{Defect amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (13)$$

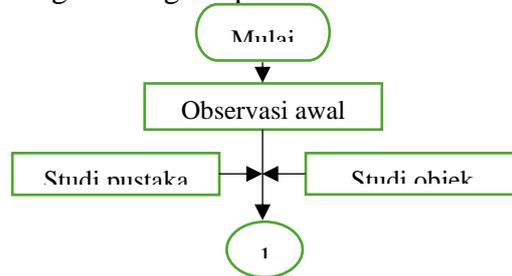
6. *Reduced Yield Loss*

Adalah Kerugian yang muncul karena terdapat cacat produk atau tidak memenuhi standar di awal proses produksi sampai pada kondisi stabil. Berikut ini adalah rumus perhitungannya.

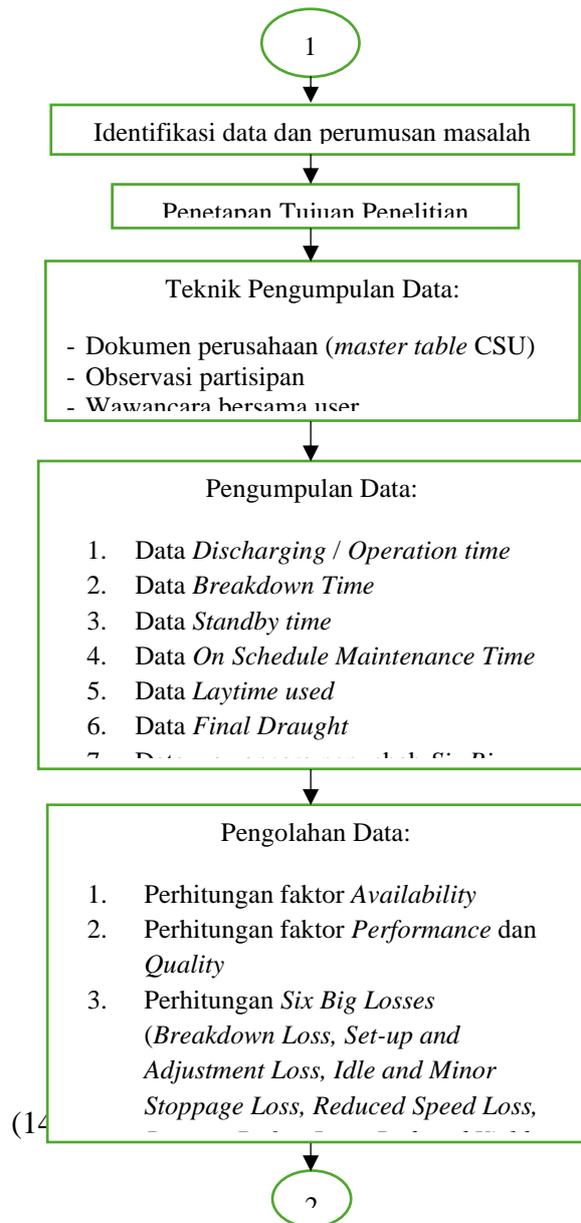
$$RYL = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{cacat awal produksi}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

METODE
Langkah-Langkah Penelitian

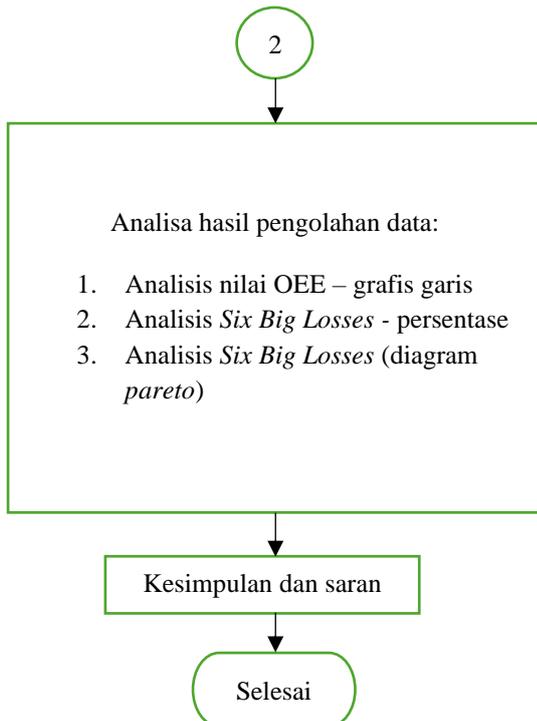
Dalam penelitian ini terdapat langkah-langkah yang dilakukan yang dijelaskan pada gambar 2 adalah *flowchart* langkah-langkah penelitian di bawah ini.



Gambar 2. Langkah-langkah penelitian



Gambar 3. Langkah-langkah penelitian lanjutan



Gambar 4. Langkah-langkah penelitian lanjutan

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian dilakukan dengan menggunakan metode sebagai berikut:

1. Dokumen perusahaan
Data dokumen perusahaan dengan izin user adalah data *master table equipment CSU* yang meliputi data nama kapal, data *discharging time*, *breakdown time*, *standby time*, *on schedule maintenance time*, *laytime used*, dan data *final draught tonase*.

Vessel	Discharging Time
MV Densa Lion	43,76 Hours
MV.Ning Feng 316	38,67 Hours
MV.Pagoda	24,52 Hours
MV.Zhong Yu 28	33,22 Hours
MV Xin Hai Tong 35	42,27 Hours
MV.Ince Southwind	87,63 Hours
MV.Tan Binh 129	13,50 Hours
MV New Dedication	56,90 Hours
MV.CL Hibiscus	108,45 Hours
MV.BERGE HAKODATE	9,82 Hours
MV. CL Aqaba	36,20 Hours
MV.AFRICAN SWAN	50,38 Hours
MV Sea Etiquette	75,72 Hours
MV. Newseas Jasper	68,62 Hours

Gambar 5. Data discharging time
Sumber: Petrokimia Gresik Port Information System (PETROPORT)

Vessel	Breakdown Time
MV Densa Lion	17,17 Hours
MV.Ning Feng 316	1,01 Hours
MV.Pagoda	0 Hours
MV.Zhong Yu 28	2,34 Hours
MV Xin Hai Tong 35	19,75 Hours
MV.Ince Southwind	28,42 Hours
MV.Tan Binh 129	14,44 Hours
MV New Dedication	5,65 Hours
MV.CL Hibiscus	42,38 Hours
MV.BERGE HAKODATE	8,92 Hours
MV. CL Aqaba	0,60 Hours
MV.AFRICAN SWAN	0,86 Hours
MV Sea Etiquette	14,86 Hours
MV. Newseas Jasper	5,82 Hours

Gambar 6. Data breakdown time
Sumber: Petrokimia Gresik Port Information System (PETROPORT)

Vessel	Standby Time
MV Densa Lion	90,38 Hours
MV.Ning Feng 316	63,50 Hours
MV.Pagoda	93,30 Hours
MV.Zhong Yu 28	57,13 Hours
MV Xin Hai Tong 35	23,83 Hours
MV.Ince Southwind	94,89 Hours
MV.Tan Binh 129	28,92 Hours
MV New Dedication	34,50 Hours
MV.CL Hibiscus	51,02 Hours
MV.BERGE HAKODATE	13,27 Hours
MV. CL Aqaba	36,20 Hours
MV.AFRICAN SWAN	152,00 Hours
MV Sea Etiquette	103,43 Hours
MV. Newseas Jasper	127,88 Hours

Gambar 7. Data standby time
Sumber: Petrokimia Gresik Port Information System (PETROPORT)

Vessel	OSM Time
MV Densa Lion	0,68 Hours
MV.Ning Feng 316	0 Hours
MV.Pagoda	0 Hours
MV.Zhong Yu 28	0 Hours
MV Xin Hai Tong 35	74,63 Hours
MV.Ince Southwind	0,98 Hours
MV.Tan Binh 129	0 Hours
MV New Dedication	0,40 Hours
MV.CL Hibiscus	0 Hours
MV.BERGE HAKODATE	8,00 Hours
MV. CL Aqaba	0 Hours
MV.AFRICAN SWAN	0 Hours
MV Sea Etiquette	0 Hours
MV. Newseas Jasper	0,42 Hours

Gambar 8. Data standby time
Sumber: Petrokimia Gresik Port Information System (PETROPORT)

Vessel	OSM Time
MV Densa Lion	0,68 Hours
MV Ning Feng 316	0 Hours
MV Pagoda	0 Hours
MV Zhong Yu 28	0 Hours
MV Xin Hai Tong 35	74,63 Hours
MV Ince Southwind	0,98 Hours
MV Tan Binh 129	0 Hours
MV New Dedication	0,40 Hours
MV CL Hibiscus	0 Hours
MV BERGE HAKODATE	8,00 Hours
MV CL Aqaba	0 Hours
MV AFRICAN SWAN	0 Hours
MV Sea Etiquette	0 Hours
MV. Newseas Jasper	0,42 Hours

Gambar 9. Data On Scheduled Maintenance Time

Sumber: Petrokimia Gresik Port Information System (PETROPORT)



Gambar 12. Permohonan izin pengambilan data bersama staff operasional

Vessel	Laytime Used
MV Densa Lion	5,77
MV Ning Feng 316	3,50
MV Pagoda	4,50
MV Zhong Yu 28	2,99
MV Xin Hai Tong 35	6,29
MV Ince Southwind	6,55
MV Tan Binh 129	2,37
MV New Dedication	3,67
MV CL Hibiscus	7,47
MV BERGE HAKODATE	1,44
MV CL Aqaba	2,49
MV AFRICAN SWAN	4,05
MV Sea Etiquette	5,89
MV. Newseas Jasper	6,99

Gambar 10. Data laytime used

Sumber: Petrokimia Gresik Port Information System (PETROPORT)

2. Observasi



Gambar 13. Continuous Ship Unloader CSU merupakan peralatan unloading yang digunakan untuk mengangkat bahan baku produk (pupuk) dari kapal kemudian ditujukan ke gudang penyimpanan melalui belt conveyor yang terhubung dengan outlet CSU.

Vessel	Final Draught
MV Densa Lion	47.000,913 Ton
MV Ning Feng 316	30.018.505 Ton
MV Pagoda	22.000.493 Ton
MV Zhong Yu 28	22.001.916 Ton
MV Xin Hai Tong 35	47.000.931 Ton
MV Ince Southwind	44.002.650 Ton
MV Tan Binh 129	16.499.351 Ton
MV New Dedication	35.001.521 Ton
MV CL Hibiscus	47.001.539 Ton
MV BERGE HAKODATE	31.500.351 Ton
MV CL Aqaba	47.001.776 Ton
MV AFRICAN SWAN	30.825.511 Ton
MV Sea Etiquette	48.002.720 Ton
MV. Newseas Jasper	47.001.092 Ton

Gambar 11. Data final draught tonase

Sumber: Petrokimia Gresik Port Information System (PETROPORT)



Gambar 14 Outlet CSU dengan belt conveyor

3. Wawancara

Wawancara dilakukan bersama *operator CSU* untuk mengetahui penyebab terjadinya enam kerugian besar yang muncul dengan pedoman wawancara sebagai berikut:

- a. Apa saja jenis kegagalan peralatan yang mengakibatkan peralatan menjadi berhenti operasi? (*Breakdown Loss*)
- b. Apa saja jenis kondisi dimana peralatan perlu diberhentikan sementara dari proses unloading? (*Idle and Minor Stoppage Loss*)
- c. Apa saja yang menjadi sebab menurunnya kecepatan operasi CSU saat kegiatan unloading berlangsung? (*Reduced Speed Loss*)
- d. Apakah terdapat keluaran hasil yang tidak sesuai standar setelah CSU melakukan unloading? (*Defect Loss*)
- e. Apakah terdapat keluaran hasil yang jauh standar pada tahap awal unloading sampai kondisi unloading yang stabil? (*Reduced Yield Loss*)
- f. Apa saja jenis pengaturan dan penyesuaian yang terjadi saat CSU sedang unloading dimana aktivitas tersebut memberhentikan unloading? (*Set-up and Adjustment Loss*)



Gambar 15. Wawancara bersama *operator CSU*

Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data adalah tahap memasukkan data-data yang telah didapatkan ke dalam rumus perhitungan OEE dan *Six Big Losses*. Hasil dari

Pengolahan data tersebut selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui tingkat efektivitas CSU secara keseluruhan dan faktor kerugian apa saja yang mempengaruhi efektivitas CSU. Pengolahan dan analisis tersebut meliputi:

1. Pengolahan data faktor OEE dan *Six Big Losses*
2. Analisis hasil pengolahan data faktor OEE menggunakan grafik garis.
3. Analisis hasil pengolahan data *Six Big Losses* dengan *pareto diagram*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data faktor OEE

Berdasarkan data *unloading* yang telah dilakukan CSU di PT XYZ dari bulan Januari sampai April tahun 2025 terdapat empat belas data kapal. Pengolahan data faktor OEE dilakukan sebagai alat ukur seberapa efektif CSU dalam melakukan *unloading*. Pada pengolahan data faktor OEE dibagi menjadi tiga perspektif pengolahan terdiri dari:

1. Perhitungan faktor Availability

Perhitungan faktor *availability* dilakukan untuk menilai efektivitas CSU dari perspektif kesiapan alat untuk melakukan *unloading* pada waktu kerja yang telah ditentukan. Data yang digunakan dalam menentukan *availability* adalah data *laytime used* sebagai data *loading time*, dan data *breakdown time* dan *on scheduled maintenance time* sebagai data *total downtime*.

Tabel 2. Data loading time, breakdown time, dan OSM time

No.	Loading time (jam)	Breakdown time (jam)	OSM time (jam)
1	167,76	5,82	0,42
2	141,36	14,86	0
3	97,2	0,86	0
4	59,76	0,60	0
5	34,56	8,92	8
6	179,28	42,38	0
7	88,08	5,65	0,40
8	56,88	14,44	0
9	157,2	28,42	0,98
10	150,96	19,75	74,63
11	71,76	2,34	0

12	108	0	0
13	84	1,01	0
14	138,48	17,17	0,68

$$Availability = \frac{Operating\ time}{Loading\ time} \times 100\%$$

$$Availability = \frac{Loading\ time - total\ downtime}{Loading\ time}$$

$$Availability = \frac{167,76 - (5,82 + 0,42)}{167,76}$$

$$Availability = \frac{167,76 - 6,24}{167,76} \times 100\% = 96,28\%$$

Dari pengolahan data di atas didapatkan nilai *availability* CSU dalam melakukan *unloading* kapal no.1 adalah sebesar 96,28%. Pengolahan data *availability* untuk kapal selanjutnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data pengolahan faktor *availability*

No.	<i>Availability</i> (%)
1	96,28
2	89,48
3	99,11
4	98,99
5	51,04
6	76,36
7	93,13
8	74,61
9	81,29
10	37,48
11	96,73
12	100
13	98,79
14	87,11
Rata-rata	84,31

2. Perhitungan Faktor *Performance*

Faktor *performance* adalah faktor OEE yang berkaitan dengan performa. Data CSU yang digunakan dalam perhitungan ini adalah data *discharging time* sebagai data *machine working time*, data *final draught tonase* sebagai data jumlah produk dan data *process amount*, data *breakdown time*, OSM *time*, dan data *loading time*. Data *discharging time* dan *final draught tonase* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data *discharging time* dan *final draught tonase*

No.	<i>Discharging time</i> (jam)	<i>Final draught tonase</i> (ton)
1	68,62	47001,092
2	75,72	48002,720
3	50,38	30825,511
4	36,20	47001,776
5	9,82	31500,351
6	108,45	47001,539
7	56,90	35001,521
8	13,50	16499,351
9	87,63	44002,650
10	42,27	47000,931
11	33,22	22001,916
12	24,52	22000,493
13	38,67	30018,505
14	43,76	47000,913

$$Performance = \frac{processed\ amount \times ideal\ cycle\ time}{operating\ time} \times 100\%$$

$$Ideal\ cycle\ time = Waktu\ Siklus \times persentase\ jam\ kerja\ efektif$$

$$Waktu\ siklus = \frac{Loading\ time}{Jumlah\ produk}$$

$$Waktu\ siklus = \frac{167,76}{47001,092} = 0,00357$$

$$Persentase\ jam\ kerja = 1 - \frac{downtime}{machine\ working\ times}$$

$$Persentase\ jam\ kerja = 1 - \frac{5,82}{68,62} = 0,9152$$

$$Ideal\ cycle\ time = 0,00357 \times 0,9152 = 0,00327$$

$$Operating\ time = loading\ time - total\ downtime$$

$$Operating\ time = 167,76 - 6,24 = 161,52$$

$$Performance = \frac{47001,092 \times 0,00327}{161,52} \times 100\%$$

$$Performance = 95,15\%$$

Berdasarkan pengolahan data *performance* di atas didapatkan nilai *performance rate unloading* CSU pada kapal no.1 adalah sebesar 95,15%. Untuk hasil pengolahan data *performance* kapal selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Data pengolahan faktor *performance*

No.	<i>Performance</i> (%)
1	95,15
2	89,55
3	98,87
4	99,31

5	17,85
6	79,65
7	10,67
8	143,84
9	82,98
10	124,60
11	96,03
12	99,81
13	98,74
14	69,74
Rata-rata	86,20

3. Perhitungan Faktor *Quality*

Faktor *quality* adalah faktor efektivitas CSU dari perspektif kualitas keluaran yang dihasilkan. Pada kegiatan *unloading* CSU diketahui bahwa tidak terdapat cacat produk. Berdasarkan wawancara bersama *operator* CSU hal tersebut dikarenakan produk yang diangkut oleh CSU adalah material bahan baku yang dipesan sesuai standar oleh perusahaan. Data yang dapat digunakan untuk menentukan *quality rate* adalah data *final draught* tonase dan data *defect*.

$$DL = \frac{\text{Processed amount} - \text{defect}}{\text{Processed amount}} \times 100\%$$

$$DL = \frac{47001,092 - 0}{47001,092} \times 100\%$$

$$DL = 100\%$$

Hasil pengolahan data *quality* di atas adalah data *unloading* dari kapal no.1 oleh CSU dengan *quality rate* sebesar 100%. Dikarenakan pada kegiatan *unloading* tidak menimbulkan *defect* maka *quality rate* seluruh kapal yang telah dilakukan *unloading* adalah 100%.

Tabel 6. Data pengolahan faktor *quality*

No.	<i>Quality</i> (%)
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100

10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
Rata-rata	100

4. Perhitungan OEE

Setelah dilakukan pengolahan data terhadap tiga faktor OEE selanjutnya adalah menghitung tingkat OEE dari CSU. OEE adalah hasil dari perkalian dari faktor *availability* dikali *performance* dikali *quality* dengan perumusan sebagai berikut (Cudney, 2016):

$$OEE = \text{availability} \times \text{performance} \times \text{quality}$$

$$OEE = 96,28 \times 95,15 \times 100 = 91,61\%$$

Dari perhitungan OEE di atas adalah didapatkan nilai OEE CSU ketika *unloading* kapal no.1 adalah sebesar 91,61%. Data perhitungan OEE CSU ketika *unloading* kapal berikutnya dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Data seluruh hasil OEE

No	A (%)	P (%)	Q (%)	OEE (%)
1	96,28	95,15	100	91,61
2	89,48	89,55	100	80,12
3	99,11	98,87	100	97,99
4	98,99	99,31	100	98,30
5	51,04	17,85	100	9,11
6	76,36	79,65	100	60,82
7	93,13	10,67	100	9,93
8	74,61	143,84	100	107,31
9	81,29	82,98	100	67,45
10	37,48	124,60	100	46,70
11	96,73	96,03	100	92,89
12	100	99,81	100	99,81
13	98,79	98,74	100	97,54
14	87,11	69,74	100	60,75
Rata-rata				72,88

Dari tabel data seluruh hasil OEE diketahui nilai OEE *unloading* terendah dari CSU adalah 9,11% ketika melakukan *unloading* kapal no.5. Berdasarkan dokumen perusahaan kapal no.5 adalah MV. *Berge Hakodate* pada bulan Februari tahun 2025. Rendahnya OEE atau

efektivitas pada *unloading* kapal no.5 disebabkan tinggi nya *total downtime* yaitu sebesar 16,92 jam untuk waktu *loading time* sebesar 34,56 jam.

Pengolahan Data Faktor *Six Big Losses*

Setelah dilakukan analisis tingkat efektivitas CSU secara keseluruhan dan didapatkan persentase OEE maka selanjutnya adalah menghitung enam faktor kerugian besar atau *six big losses* yang secara langsung mempengaruhi hasil nilai OEE tersebut. Berdasarkan wawancara bersama *operator* CSU diketahui bahwa CSU dalam melakukan *unloading* tidak terdapat *defect* atau cacat produk sehingga faktor *six big losses* seperti *defect loss* dan *reduced yield loss* tidak diperhitungkan. Perhitungan *six big losses* dilakukan untuk menganalisis faktor apa saja yang mempengaruhi efektivitas CSU dan menggunakan *fishbone diagram* dan *pareto diagram* untuk mengusulkan solusi yang membangun. Perhitungan faktor *six big losses* dimulai dari:

1. Breakdown Loss

Faktor *breakdown loss* adalah faktor kerugian yang diakibatkan oleh terjadinya kerusakan peralatan yang menimbulkan waktu *breakdown*. Data yang digunakan dalam perhitungan faktor *breakdown loss* adalah data *breakdown time* dan data *loading time* yang dapat dilihat pada tabel 2 di atas.

$$BL = \frac{\text{Total breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

$$BL = \frac{5,82}{167,76} \times 100\% = 3,46\%$$

Dari perhitungan di atas diketahui persentase faktor *breakdown loss* CSU dalam *unloading* kapal nomor 1 adalah 3,46%. Untuk data *breakdown loss unloading* kapal selanjutnya dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Data pengolahan faktor breakdown loss

No.	BL (%)
1	3,46
2	10,51

3	0,88
4	1
5	25,81
6	23,64
7	6,41
8	25,39
9	18,08
10	13,08
11	3,26
12	0
13	1,2
14	12,40

2. Set-up and Adjustment Loss

Faktor *set-up and adjustment loss* merupakan faktor kerugian yang dikarenakan terdapat kerugian waktu akibat waktu *set-up* atau pengaturan dan *adjustment* atau penyesuaian. Data yang digunakan dalam perhitungan faktor tersebut adalah data *On Scheduled Maintenance (OSM) time* dan data *loading time* yang dapat dilihat pada tabel 2 di atas.

$$SAL = \frac{\text{set-up time}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

$$SAL = \frac{0,42}{167,76} \times 100\% = 0,25\%$$

Dari perhitungan di atas didapatkan persentase faktor kerugian *set-up and adjustment loss* pada *unloading* kapal nomor 1 adalah sebesar 0,25%. Untuk persentase faktor *set-up and adjustment loss unloading* kapal selanjutnya dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Data pengolahan faktor set-up and adjustment loss

No.	SAL (%)
1	0,25
2	0
3	0
4	0
5	23,15
6	0
7	0,45
8	0
9	0,62
10	49,44
11	0
12	0

13	0
14	0,49

3. Idle and Minor Stoppage Loss

Pada perhitungan faktor *idle and minor stoppage loss* data yang digunakan adalah data *loading time* yang dapat dilihat pada tabel 2 dan data *standby time* sebagai data *non-production time* yang dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Data standby time

No	Standby time (jam)
1	127,88
2	103,43
3	152
4	36,20
5	13,27
6	51,02
7	34,50
8	28,92
9	94,89
10	23,83
11	57,13
12	93,30
13	63,50
14	90,38

$$IMSL = \frac{\text{non production time}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

$$IMSL = \frac{127,88}{167,76} \times 100\% = 76,22\%$$

Dari perhitungan di atas adalah data *idle and minor stoppage loss* yang terjadi pada *unloading* kapal nomor 1 sebesar 76,22%. Adapun data *idle and minor stoppage loss* yang terjadi selama *unloading* di kapal selanjutnya dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Data pengolahan faktor idle and minor stoppage loss

No.	IMSL (%)
1	76,22
2	73,17
3	156,38
4	60,57
5	38,40
6	28,46
7	39,17
8	50,84
9	60,36
10	15,78

11	79,61
12	86,39
13	75,60
14	65,26

4. Reduced Speed Loss

Dalam perhitungan untuk menentukan persentase faktor *reduced speed loss* data yang digunakan adalah data *loading time* dan *breakdown time* yang dapat dilihat pada tabel 2 serta data *discharging time* dan *final draught* tonase yang dapat dilihat pada tabel 4.

$$RSL = \frac{\text{operating time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{finish good} \times \text{persentase jam kerja efektif})}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

$$\text{Operating time} = \text{loading time} - \text{total downtime}$$

$$\text{Operating time} = 167,76 - 6,24 = 161,52$$

$$\text{Ideal cylce time} = \text{Waktu Siklus} \times \text{persentase jam kerja}$$

$$\text{Waktu siklus} = \frac{\text{Loading time}}{\text{Jumlah produk}}$$

$$\text{Waktu siklus} = \frac{167,76}{47001,092} = 0,00357$$

$$\text{Persentase jam kerja} = \frac{\text{downtime}}{\text{machine working times}}$$

$$= 1 - \frac{5,82}{68,62} = 0,9152$$

$$\text{I. cylce time} = 0,00357 \times 0,9152 = 0,00327$$

$$RSL = \frac{161,52 - (0,00327 \times 47001,092)}{167,76} \times 100\% = 4,67\%$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai faktor *reduced speed loss* yang terjadi pada CSU ketika *unloading* kapal nomor 1 sebesar 4,67%. Untuk perhitungan *reduced speed loss* kapal selanjutnya dilakukan dengan rumus yang sama dan hasil dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Data pengolahan faktor reduced speed loss

No.	RSL (%)
1	4,67
2	9,34
3	1,12
4	0,69
5	41,93
6	15,54
7	83,20
8	-32,70
9	13,84

10	-9,22
11	3,85
12	0,18
13	1,24
14	26,36

9	18,08	0,62	60,36	13,84
10	13,08	49,44	15,78	-9,22
11	3,26	0	79,61	3,85
12	0	0	86,39	0,18
13	1,2	0	75,60	1,24
14	12,40	0,49	65,26	26,36
\bar{x}	10,36	5,31	64,72	11,43

Analisis Hasil Pengolahan Data

Analisis hasil pengolahan data dilakukan menggunakan grafik garis dan diagram *pareto*. Analisis dilakukan berdasarkan data hasil pengolahan dan data hasil wawancara bersama *operator* CSU untuk menambah keakuratan hasil analisis.

1. Analisis Hasil OEE



Gambar 16. Grafik garis hasil OEE

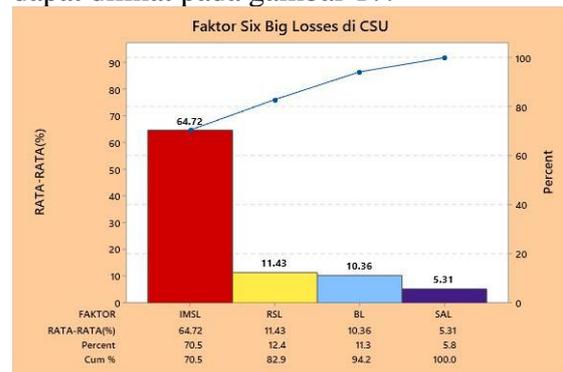
Berdasarkan grafik garis di atas terlihat persentase OEE dari CSU mengalami naik turun secara drastis. Dari empat belas kapal yang telah dilakukan *unloading* oleh CSU terdapat tujuh OEE yang melampaui minimal standar OEE dan tujuh tidak melampaui minimal standar OEE. Nilai OEE terendah terdapat pada *unloading* kapal nomor 5 dengan nilai OEE sebesar 9,11% dan nilai OEE tertinggi terdapat pada *unloading* kapal nomor 8 dengan nilai OEE sebesar 107,31%. Untuk nilai rata-rata OEE dari CSU adalah 72,88% yang dapat dilihat pada tabel 7 di atas.

2. Analisis Faktor Six Big Losses

Tabel 13. Data hasil perhitungan faktor six big losses

No	BL (%)	SAL (%)	IMSL (%)	RSL (%)
1	3,46	0,25	76,22	4,67
2	10,51	0	73,17	9,34
3	0,88	0	156,38	1,12
4	1	0	60,57	0,69
5	25,81	23,15	38,40	41,93
6	23,64	0	28,46	15,54
7	6,41	0,45	39,17	83,20
8	25,39	0	50,84	-32,70

Berdasarkan tabel di atas maka langkah selanjutnya adalah membuat diagram *pareto* untuk memprioritaskan faktor *six big losses* yang paling signifikan mempengaruhi nilai OEE dari CSU yang dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Faktor Six Big Losses di CSU

Hasil Data Wawancara

Pada tahap wawancara bersama *operator* CSU didapatkan data penyebab terjadinya faktor *six big loss* pada CSU diantaranya:

1. Beberapa contoh kerusakan CSU ketika proses *unloading* penyebab *breakdown loss* adalah *shaft vertical screw* patah dan *overload unloading*.
2. Penyebab utama terjadinya *idle and minor stoppage loss* adalah kondisi cuaca buruk yang tidak memungkinkan melakukan *unloading*.
3. Menurun nya kecepatan dalam proses *unloading* penyebab dari *reduced speed loss* adalah tingkat kekerasan *cargo* atau bahan baku pupuk yang ada di dalam kapal. Contoh bahan baku pupuk yang keras adalah jenis MOP dan ZA.
4. Tidak terjadinya *defect loss* dan *reduced yield loss* pada CSU dalam proses *unloading*. Hal tersebut dikarenakan CSU mengangkut bahan baku mentah yang sudah sesuai standar pemesanan oleh perusahaan.

5. Terjadinya *set-up and adjustment loss* pada CSU seperti pengecekan dan pengisian oli pada *gearbox inlet device*. Kegiatan tersebut menyebabkan CSU harus berhenti *unloading* untuk sejenak.

SIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang dilaksanakan di PT XYZ sebagai berikut:

1. Dengan perhitungan metode OEE diketahui rata-rata tingkat efektivitas peralatan secara keseluruhan atau OEE dari CSU pada keseluruhan *unloading* dari bulan Januari sampai April tahun 2025 adalah sebesar 72,88%. Pada PT XYZ diperlukan peningkatan dalam hal pemeliharaan dengan menerapkan *Total Productive Maintenance* (TPM) untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi produksi.
2. Dengan perhitungan metode OEE diketahui rata-rata *availability* dari bulan Januari sampai April tahun 2025 adalah sebesar 84,31% dan rata-rata *performance* sebesar 86,20%. Dalam hal meningkatkan *availability* diperlukan perbaikan seperti pencegahan terjadinya *over unloading* dengan memasang *buzzer* peringatan di kabin *operator* ketika *load* atau beban sedang tinggi sehingga *operator* bisa menurunkan *load* atau beban *unloading*, melakukan pengisian oli *gearbox inlet device* pada *standby time* CSU untuk mengurangi waktu *set-up* dan *adjustment*, dan memasang sistem pelumasan otomatis pada setiap part untuk mencegah patah pada part mesin. Adapun dalam hal meningkatkan *performance* perusahaan sebaiknya memesan bahan baku yang berkualitas agar proses *unloading* tanpa ada hambatan keras nya bahan baku yang menurunkan kecepatan *unloading*.
3. Persentase faktor *six big losses* terbesar dalam kegiatan *unloading* CSU bulan Januari sampai April tahun 2025 adalah faktor *idle and minor stoppage loss* (IMSL) sebesar 70,5%. Beberapa faktor lainnya seperti *Reduced speed loss*

(RSL) sebesar 12,4%, faktor *Breakdown Loss* (BL) sebesar 11,3%, dan faktor *Set-up and Adjustment Loss* (SAL) sebesar 5,8%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardo, A. E. (2021). USULAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN HANGER SHOT BLAST KAZO DENGAN MENGGUNAKAN METODE AGE REPLACEMENT DI PT BARATA INDONESIA. *MATRIK : Jurnal Manajemen & Teknik Industri – Produksi*, 73-84.
- Berry, J. h. (2001). *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance*. New York: McGraw-Hill.
- Constantinus, S. J. (2023). Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) untuk Efektivitas Mesin dengan Overall Equipment Effectiveness (OEE) sebagai Alat Ukur di PT XYZ. *Buletin Profesi Insinyur*, 94-101.
- Cudney, A. &. (2016). *Total Productive Maintenance Strategies and Implementation Guide*. London: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Jamil, Z. (2020). PERHITUNGAN NILAI OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS PADA POMPA DISTRIBUSI KUBOTA DOUBLE SUCTION VOLUTE PUMP MODEL DV-L DI PT. ABC. *JURNAL PERANCANGAN, MANUFAKTUR, MATERIAL, DAN ENERGI (JURNAL PERMADI)*, 87-101.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction To Total Productive Maintenance*. Portland,Oregon: Productivity Press.
- Nurdini, N. d. (2024). *MANAJEMEN PEMELIHARAAN PREVENTIVE (Preventive Maintenance)*. Banyumas: PT Pena Persada Kerta Utama.

- PT Petrokimia Gresik. (2024, Oktober 2). *Sejarah Perusahaan*. Retrieved from Petrokimia-gresik.com: <https://petrokimia-gresik.com/page/sejarah-perusahaan>
- Saputra, H. (2023). Pengukuran Produktivitas pada Bagian Quilting Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Jurnal Tekstil (JUTE)*, 89-100.
- Sekretariat Kabinet Republik Indonesia. (2022, September 16). *Indonesia Negara Agraris dan Maritim, tapi Banyak Petani dan Nelayan Belum Sejahtera*. Retrieved from setkab.go.id: <https://setkab.go.id/indonesia-negara-agraris-dan-maritim-tapi-banyak-petani-dan-nelayan-belum-sejahtera/>
- Ummah, D. (2022). Analisis Efektifitas Kinerja Mesin Cutting Manual Dan Otomatis Menggunakan Metode OEE (Overall Equipment Effectiveness) Di PT. XYZ. *Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 345-354.
- Vorne Industries. (2025). *World Class OEE*. Retrieved from OEE: <https://www.oe.com/world-class-oe/>
- Wijaya, S. A. (2023). ANALISIS TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE DENGAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS DAN SIX BIG LOSSES DI PT X. *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 126-135.