

## **Peningkatan Kinerja Mesin *Loading Arm* dengan *Total Productive Maintenance***

M. Riza<sup>1\*</sup>, Alfa Firdaus<sup>2</sup>

<sup>12</sup>Departemen Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

\*Email korespondensi: [m.riza@gmail.com](mailto:m.riza@gmail.com)

### **Abstrak**

Mesin atau peralatan merupakan bagian terpenting dari suatu sistem pekerjaan. Mesin membutuhkan perawatan yang efektif dan efisien untuk dapat menjamin dan mendukung proses bisnis agar dapat beroperasi dengan baik. Aktivitas perawatan merupakan bagian terpenting dari program bisnis perusahaan baik dalam industri manufaktur maupun jasa. Industri Gas Timur Tengah salah satu industri yang menjalankan proses layanan gas. Berdasarkan observasi, ditemukan permasalahan mesin mengalami breakdown sehingga mengakibatkan mesin tidak dapat beroperasi maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor yang menyebabkan mesin mengalami breakdown dan melakukan perbaikan agar kinerja mesin meningkat. Penelitian ini menggunakan metode Fishbone dan Total Productive Maintenance. Obyek penelitian dilakukan pada mesin *Loading Arm*. Permasalahan yang terjadi disebabkan oleh kerusakan pada Swifel. Perbaikan dilakukan dengan menjalankan pilar TPM yakni *planned maintenance* dan *focussed improvement*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama periode awal tahun 2023 tidak ada kebocoran pada seal sehingga meningkatkan kinerja *Loading Arm* dan meningkatkan produktivitas.

**Kata Kunci:** *Breakdown, Loading Arm, Total productive Maintenance*

### **Abstract**

*Machines or equipment are the most important part of a work system. Machines require effective and efficient maintenance to be able to guarantee and support business processes so they can operate properly. Maintenance activities are the most important part of the company's business programs in both the manufacturing and service industries. The Middle East Gas Industry is one of the industries that runs gas service processes. Based on observations, it was found that the engine had a breakdown problem which resulted in the machine not being able to operate optimally. This study aims to analyze the factors that cause the machine to experience a break down and make improvements so that the engine performance increases. This study uses the Fishbone method and Total Productive Maintenance. The research object was carried out on the Loading Arm machine. The problems that occur are caused by damage to Swifel. Improvements are made by carrying out the TPM pillars, namely planned maintenance and focused improvement. The results of the study show that during the initial period of 2023 there will be no leaks in the seals thereby increasing the performance of the Loading Arm and increasing productivity.*

**Keywords:** *Breakdown, Loading Arm, Total Productive Maintenance*

## **1. Pendahuluan**

Proyeksi pertumbuhan gas alam di bisnis pembangkit listrik juga kemungkinan akan menciptakan lebih banyak permintaan gas alam cair (LNG) di berbagai negara. Batubara adalah sumber utama pembangkit listrik di seluruh dunia. Namun, mengingat degradasi cadangan batu bara dan dampak buruknya terhadap lingkungan, telah terjadi peningkatan penggunaan gas alam dan sumber energi terbarukan lainnya untuk produksi listrik. Namun, pertumbuhan industri gas harus diimbangi dengan proses bisnis yang baik (Wenchi et al., 2015). Ada permasalahan yang dialami oleh perusahaan untuk

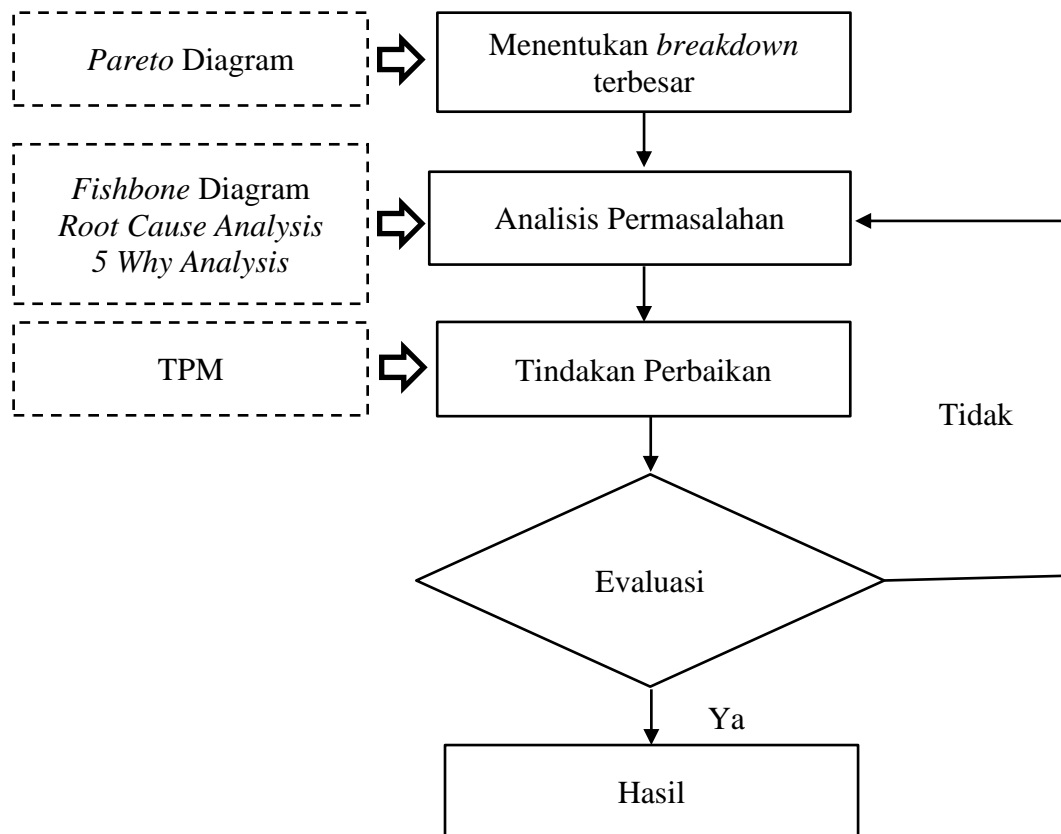
mengembangkan strategi baru yaitu mengidentifikasi kemunculan dan permasalahan di dalam proses bisnis. Salah satunya adalah kesediaan mesin-mesin yang mendukung jalannya pekerjaan (Morozov et al., 2018).

LNG *marine loading arm* juga dikenal sebagai lengan pemuatan laut kriogenik. Mesin ini berfungsi mentransfer gas alam cair dari Tanki di darat ke kapal, dari kapal ke kapal atau kapal ke tanki di darat. Lengan pemuatan laut kriogenik secara khusus dirancang untuk menangani persyaratan struktural untuk mentransfer gas alam cair (LNG) ke suhu hingga -164 derajat Celcius. Breakdown ini berdampak pada pencapaian target yang dialami perusahaan gagal tercapai. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan perbaikan. Salah satu perbaikan untuk mengatasi *breakdown* adalah dengan menjalankan perawatan (Bekar et al., 2019; Ebrahimi et al., 2020; Fadhilah et al., 2020). Aktivitas perawatan merupakan bagian terpenting dari program bisnis perusahaan baik dalam industri manufaktur maupun jasa. Aktivitas perawatan diperlukan dalam upaya peningkatan produktivitas baik secara kualitas maupun kuantitas. Tercapainya tujuan perawatan ditunjang oleh fasilitas dan teknik perawatan yang baik dan juga dipengaruhi oleh sistem manajemen yang diterapkan di dalam organisasi/ perusahaan tersebut (Pačaiová & Ižariková, 2019; Purba et al., 2018; Sen et al., 2019; Singh et al., 2022).

Berdasarkan penelitian terdahulu oleh (Sukma et al., 2022) menyatakan bahwa bahwa faktor yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE pada mesin LINAC SP di disebabkan oleh *breakdown loss* sebesar 76,29%. Perbaikan yang dilakukan yaitu dengan menerapkan *Total Productive Maintenance* (TPM). Penelitian (Setiawan, 2021) menyatakan bahwa permasalahan dalam proses produksi adalah banyaknya *breakdown* yang terjadi pada mesin *NC Bore* dan jumlah produksi yang kurang optimal yang mengakibatkan indeks total efektifitas mesin kurang. TPM diterapkan sehingga menghasilkan skor OEE 87%. Penelitian (Kuncahyo, 2014) menyatakan bahwa penerapan TPM mengalami pengurangan secara signifikan. Terjadinya kerusakan secara tiba-tiba dan kerugian minyak tinggi / cacat produk menjadi berkurang setelah adanya penerapan TPM. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab *breakdown* pada mesin *Loading Arm* dan melakukan perbaikan agar kinerja mesin *Loading Arm* meningkat

## 2. Metoda

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian kualitatif (Ahmadi, 2005; Sugiyono, 2017). Pendekatan kualitatif ini juga menjelaskan uraian permasalahan secara deskriptif. Penelitian kualitatif pada penelitian ini yaitu menggali permasalahan penelitian. Kualitatif yaitu menggambarkan permasalahan yang sedang dianalisis pada mesin *Loading Arm* sehingga didapat dan diketahui masalah reel yang telah terjadi pada Mesin *Loading Arm*. Data Primer ialah data yang didapatkan penulis secara langsung baik melalui observasi maupun wawancara. Data primer yang didapatkan antara lain proses perawatan mesin *Loading Arm*, proses kerja mesin *Loading Arm* dan data hasil wawancara. Data Sekunder adalah data yang didapatkan penulis tidak secara langsung atau melalui perantara. Data sekunder yang didapatkan antara lain data laporan perusahaan Industri Gas Timur Tengah tahun 2017-2022, artikel-artikel dari jurnal dan aporan tahunan dari kelembagaan. Penelitian ini menggunakan tahapan yang terstruktur untuk mendapatkan hasil yang kompleks. Berikut tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

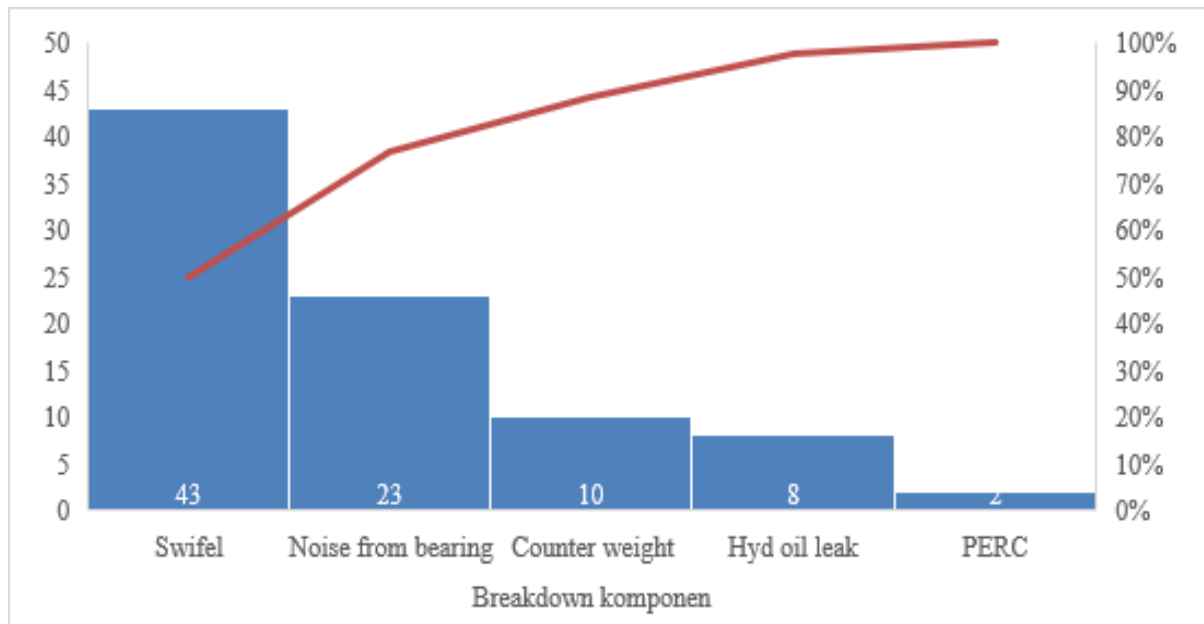
Berikut penjelasan metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Penentuan masalah *breakdown* terbesar pada mesin *Loading Arm*. Penentuan ini dibantu dengan menggunakan Diagram *Pareto* (Nasir et al., 2019)
2. Pencarian penyebab masalah dengan analisis Diagram *Fishbone*. Analisis penyebab masalah ini menggunakan parameter manusia, metode, mesin, material, money dan lingkungan (Jaqin et al., 2020)
3. Perbaikan dengan penerapan pilar-pilar *Total Productive Maintenance* (Kwaso & Telukdarie, 2018; Manjunatha et al., 2018; Prabowo et al., 2018)
4. Evaluasi hasil dilakukan dengan analisis perbandingan data sebelum dan sesudah perbaikan

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Menentukan *Breakdown* Terbesar

Menentukan *breakdown* terbesar merupakan langkah awal, dimana pada tahap ini melakukan pendefinisian terhadap *breakdown* terbesar yang terjadi pada prosen *Loading Arm*. *Breakdown* terbesar inilah yang nanti akan dilakukan perbaikan. Berdasarkan observasi awal yang dilakukan, terdapat lima *breakdown* yang terjadi di proses *Loading Arm*. *Breakdown* ini dianalisis berdasarkan tingkat kejadian yang paling banyak. *Breakdown* ini meliputi *swifel*, *noise from bearing*, *counter weight*, *hyd oil leak* dan *PERC*. *Breakdown* ini akan dilakukan *improvement* berdasarkan prinsip diagram Pareto 80:20. Berikut data *breakdown* yang diinterpretasikan dalam Diagram Pareto pada Gambar 2.



Gambar 2. Pareto Diagram Data *Breakdown* Terbesar

Peninjauan riwayat kegagalan *Loading Arm* selama periode 2020 hingga 2022, log Operasi dan catatan notifikasi SAP menyortir masalah utama yang tidak dapat diandalkan yaitu sebagai berikut:

- Bantalan putar menyegel masalah kebocoran 43 kali
- Kebisingan tak teridentifikasi selama gerakan lengan luar 23 kali
- Penyeimbang utama lengan bagian dalam menyentuh Pedestal pada posisi penyimpanan / parkir sebanyak 10 kali
- Kebocoran oli hidrolik : 8 kali

### 3.2. Menentukan Permasalahan Terbesar

Berdasarkan tingginya *breakdown* pada *Swifel* maka akan dilakukan analisis permasalahan terbesar pada kasus *Swifel* adalah dengan menganalisis faktor penyebab masalah dengan bantuan diagram fishbone. Analisis ini menggunakan 6 faktor yaitu manusia, metode, material, mesin, measurement dan lingkungan. Berikut hasil analisis dengan fishbone diagram dapat dilihat pada Gambar 3.

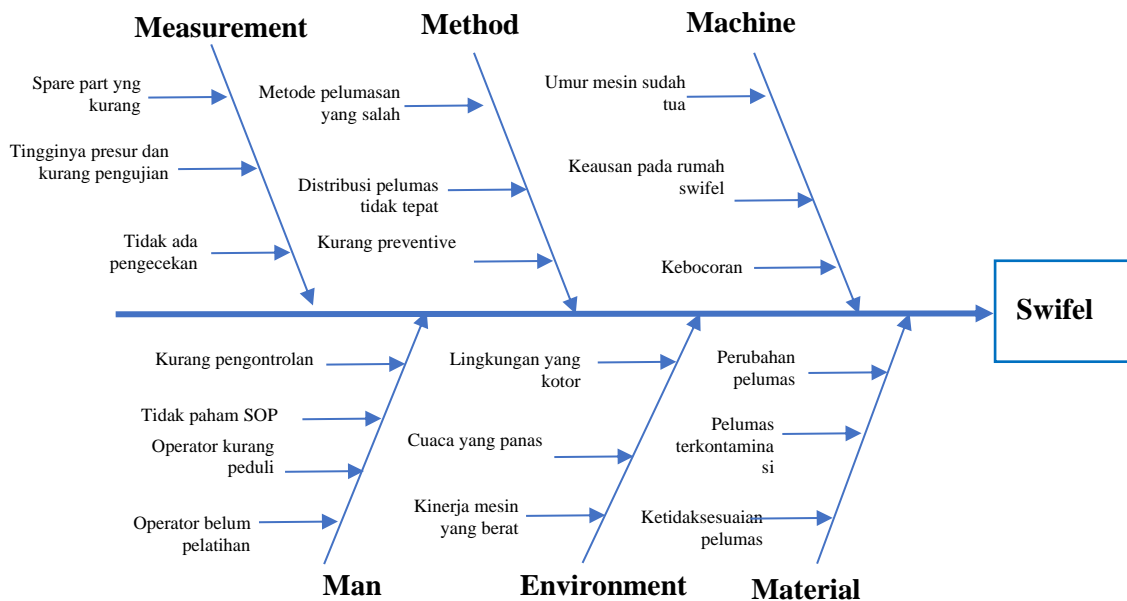
#### Akar Penyebab Kegagalan

Akar penyebab fisik untuk kegagalan bantalan *slew* terutama disebabkan oleh:

1. Distribusi pelumas yang tidak tepat ke *slew bearing* karena desain bearing (tiga lubang pelumasan).  
Sebelumnya, *slew bearing* memiliki tiga titik pelumasan dengan jarak yang sama (120 derajat). Saat melumasi, Lengan Pemuatan harus digerakkan sedemikian rupa sehingga gemuk baru akan terbentuk di seluruh keliling celah dan seal bantalan. Namun, Lengan Pemuat bergerak ke kiri dan ke kanan hingga titik setel alarm pertama. Untuk *Loading Arm* No.1, total perjalanan adalah “49 derajat (20 derajat ke kanan dan 29 derajat ke kiri);
2. Prosedur pelumasan yang salah.  
Kurangunya gerakan bantalan *slew* selama periode pelumasan berkontribusi pada jalur lintasan bola yang tidak dilumasi sepenuhnya. Rekomendasi OEM tidak diikuti.
3. Periode *preventive maintenance* pelumasan yang tidak memadai telah diganti dari 1 bulan menjadi jadwal 3 bulanan menggantikan OEM
4. Perubahan jenis pelumas.  
Gemuk yang digunakan untuk pelumasan bantalan struktural, tipe (*Castrol Spherol* FG 00 EP) dengan karakteristik lebih rendah dibandingkan dengan gemuk yang direkomendasikan OEM (BP Energrease LS-EP atau setara *Castrol Spherol* EP L2). Oleh karena itu diganti sesuai dengan spesifikasi

5. Material terkontaminasi karena degradasi seal bibir atas bantalan slew: Integritas seal bibir atas bantalan slew dikompromikan karena lingkungan laut yang keras, dan serangan Ultraviolet (ditemukan rusak, mengeras dan rapuh). Karena terletak secara horizontal, uap air dan kondensat air dapat dengan mudah masuk ke ruang bantalan melalui celah antara jalur dalam dan luar.

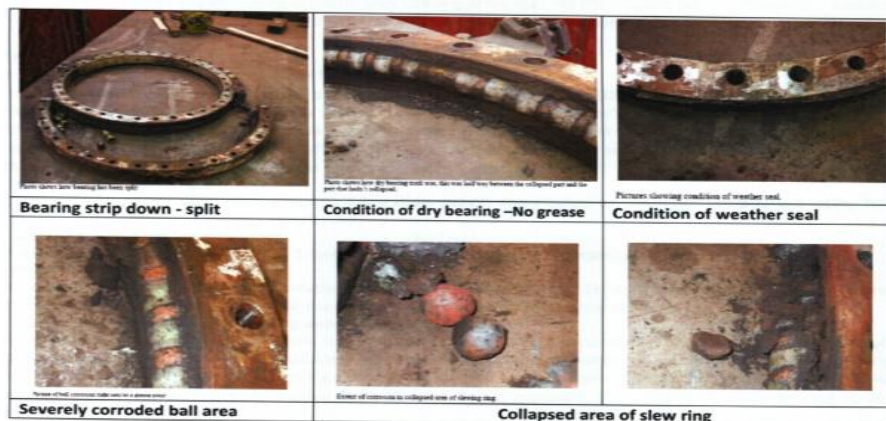
Akibatnya, karena masuknya air/kotoran, beberapa lokasi bantalan mungkin tidak dilumasi dengan benar. Selama periode tersebut, hal itu menyebabkan kerusakan pada elemen gelinding (bola) dan roda oleh lubang korosi, keausan dll.). Material korosi mulai terbentuk di celah antar bola, dan semakin memburuk seiring berjalannya waktu



Gambar 3. Analisis Fishbone Diagram

**Temuan pemeriksaan;**

- Bantalan bola ditemukan dalam kondisi sangat buruk
- Bola memiliki jumlah yang sangat kecil dari minyak yang sangat baru
- Bantalan tidak berfungsi dengan baik
- Bantalan terbelah menjadi dua, terlihat jelas bahwa bantalan tersebut tidak dilumasi untuk waktu yang lama. Satu-satunya yang ada di rongga bola adalah bola, spacer nilonnya, dan debu yang tercipta karena bola telah rusak seiring waktu



Gambar 4. Kejadian Abnormal Pada Swifel

### 3.3. Rencana Perbaikan

Setelah diketahui prioritas perbaikan, langkah selanjutnya merencanakan tindakan perbaikan. Berdasarkan kasus terdapat korosi pada bagian *swifel*, hal ini menandakan bahwa perawatan yang dilakukan secara rutin belum maksimal. Oleh karena itu rencana perbaikan yang dilakukan dengan menjalankan *Planned Maintenance* melalui *Preventive Maintenance* secara terjadwal dan akurat. Selain itu berdasarkan kasus masalah pada swivel, dilakukan penerapan *Focussed Improvement* dengan penggantian seal untuk lengan pemuatan LNG 1 di manifold rakitan *Triple Swivel*. *Predictive maintenance* disarankan dengan pemasangan sistem deteksi kebocoran oleh OEM.

Pekerjaan telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja mesin, bersama dengan modifikasi kecil yang diperlukan untuk empat Lengan Pemuat LNG tanpa mengganggu jadwal pemuatan Tanker LNG. Lingkup pekerjaan mencakup penggantian tiga bantalan struktural dari masing-masing Lengan Pemuat Laut LNG Rakitan struktural Lengan Pemuat diangkat dari pedestal top flange, dan diletakkan di atas tongkang untuk dibongkar.

- Setelah penggantian bantalan, rakitan lengan dipasang kembali ke tumpuan masing-masing;
- Pemuat senjata No.1, No.2 dan No.4 diperbaharui;
- Seal primer, sekunder, dan lingkungan diganti untuk sambungan putar 1, 2, dan 3 (slew, luff, dan apex);
- Cincin penahan yang direkomendasikan oleh OEM dipasang untuk putar 1, 2 dan 3 untuk keempat Lengan Pemuat;
- Diimplementasikan - sistem pelumasan baru dipasang untuk semua bantalan yang dirancang baru (dengan 12 lubang pelumasan per bantalan);
- Rakitan ring penahan terpasang untuk semua sambungan putar (sesuai rekomendasi OEM)

#### Revisi Program *Preventive Maintenance*

Adanya kegagalan pada *Loading Arm*, bagian *Maintenance* melakukan perubahan pada jadwal induk *Preventive Maintenance*. Berikut item-item yang dilakukan perubahan untuk meningkatkan kinerja *Preventive Maintenance*

- Perubahan jadwal frekuensi pelumasan menjadi sebulan sekali
- Perubahan jadwal prosedur pelumasan agar sejalan dengan rekomendasi OEM yaitu untuk melatih lengan selama pelumasan ulang untuk memberikan pelumas baru di seluruh lingkaran bantalan.
- Mengimplementasikan pemeriksaan vertikalitas tahunan untuk Lengan Pemuat LNG dengan *preventive maintenance* rutin (survei vertikalitas / pengukuran garis dasar yang ditetapkan oleh Peta Fugro setelah commissioning bagian penguat).

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis pada bagian sebelumnya didapatkan yaitu faktor yang menyebabkan pengapalan tidak optimal disebabkan oleh kerusakan pada Swivel. Swivel yang tidak bekerja karena terdapat korosi terjadi di beberapa bagian jalur pelumasan bantalan dan elemen gelinding. Hal ini menyebabkan kinerja swivel tidak optimal. Perbaikan yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan penerapan Total Productive Maintenance dengan menjalankan dua pilarnya. Pilar yang diterapkan yaitu Planned Maintenance dan Focussed Improvement. Planned Maintenance yang dijalankan dengan menjadwalkan Preventive Maintenance pada mesin Loading Arm baik harian, mingguan maupun bulanan. Focussed Improvement yang dilakukan dengan melakukan demonstrasi penggantian seal untuk lengan pemuatan LNG 1 di manifold rakitan Triple Swivel. Memasang rakitan cincin penahan sambungan putar pada (5/J 1, 2 & 3) untuk semua lengan LNG pemuatan, untuk meningkatkan kehandalan seal. Hasil perbaikan menunjukkan bahwa selama periode awal tahun 2023 tidak ada kebocoran pada seal sehingga meningkatkan kinerja Loading Arm dan meningkatkan produktivitas. Kebocoran pada area swivel disebabkan karena korosi yang tidak terdeteksi. Pemasangan *sensor detection* diperlukan untuk mendukung program *predictive maintenance* sehingga diharapkan pencegahan keabnormalan mesin secara dini dapat ditangani.

## Daftar Pustaka

- Ahmadi, R. (2005). *Memahami Metodologi Penelitian Kualitatif* (1st ed.). Universitas Negeri Malang.
- Bekar, E. T., Skoogh, A., & Cetin, N. (2019). Prediction of Industry 4.0's Impact on Total Productive Maintenance Using a Real Manufacturing Case. *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2018*, 136–149. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92267-6>
- Ebrahimi, M., Ghomi, S. M. T. F., & Karimi, B. (2020). Application of the preventive maintenance scheduling to increase the equipment reliability: Case study-bag filters in cement factory. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 16(1), 189–205. <https://doi.org/10.3934/jimo.2018146>
- Fadhilah, B., Aulia, P., & Pratama, A. J. (2020). Overall Equipment Effectiveness (OEE) Analysis to Minimize Six Big Losses in Continuous Blanking Machine. *IJIEM (Indonesian Journal of Industrial Engineering & Management)*, 1(1), 25–32.
- Jaqin, C., Rozak, A., & Purba, H. H. (2020). Case Study in Increasing Overall Equipment Effectiveness on Progressive Press Machine Using Plan-do-check-act Cycle. *International Journal of Engineering*, 33(11), 2245–2251. <https://doi.org/10.5829/ije.2020.33.11b.16>
- Kuncahyo, D. S. (2014). Pendekatan Penerapan Total Productive Maintenance (Tpm) Di Stasiun Press Palm Oil Pada Mesin Digester Dan Mesin Press Pt. Bangkitgiat Usaha Mandiri Dengan Menggunakan Indikator Oee Dan Metode Fmeca (Failure Mode Effect and Critical Analysis). *Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri*, 8(3), 436–450.
- Kwaso, M. J., & Telukdarie, A. (2018). Evaluating the impact of Total Productive Maintenance elements on a manufacturing process. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018(JUL), 546–557.
- Manjunatha, B., Srinivas, T. R., & Ramachandra, C. G. (2018). Implementation of total productive maintenance (TPM) to increase overall equipment efficiency of an hotel industry. *MATEC Web of Conferences*, 144. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714405004>
- Morozov, I. V., Potanina, Y. M., Voronin, S. A., Kuchkovskaya, N. V., & Siliush, M. D. (2018). Prospects for the development of the oil and gas industry in the regional and global economy. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(4), 55–62.
- Nasir, M., Morrow, H. T., & Rimawan, E. (2019). Application Total Productive Maintenance (TPM) To Increase The Effectiveness Of Engines With OEE as A Tool to Measure in the Industrial Packaging Cans. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4(7), 1314–1331.
- Pačaiová, H., & Ižáriková, G. (2019). Base principles and practices for implementation of total productive maintenance in automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 45–59. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I1.1203>
- Prabowo, H. A., Suprpto, Y. B., & Farida, F. (2018). The Evaluation of Eight Pillars Total Productive Maintenance (TPM) Implementation and Their Impact on Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Waste. *Sinergi*, 22(1), 13–18. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2018.1.003>
- Purba, H. H., Wijayanto, E., & Aristiara, N. (2018). Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) with Total Productive Maintenance Method on Jig Cutting : A Case Study in Manufacturing Industry. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(7), 397–406.
- Sen, R. S., Majumdar, G., & Nallusamy, S. (2019). Enhancement of overall equipment effectiveness through implementation of total productive maintenance. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, July, 475–484.
- Setiawan, I. (2021). Integration of Total Productive Maintenance and Industry 4.0 to increase the productivity of NC Bore machines in the Musical Instrument Industry. *Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Singapore*, 4701–4711.
- Singh, S., Agrawal, A., Sharma, D., Saini, V., Kumar, A., & Praveenkumar, S. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance Approach: Improving Overall Equipment Efficiency of a Metal Industry. *Inventions*, 7(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/inventions7040119>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (1st ed.). CV Alfabeta.
- Sukma, D. I., Prabowo, H. A., Setiawan, I., Kurnia, H., & Maulana, I. (2022). Implementation of Total Productive Maintenance to Improve Overall Equipment Effectiveness of Linear Accelerator Synergy Platform Cancer Therapy. *International Journal of Engineering*, 35(7), 1246–1256. <https://doi.org/10.5829/ije.2022.35.07a.04>

Wenchi, S., Wang, J., Wang, X., & Chong, H. (2015). An Application of Value Stream Mapping for Turnaround Maintenance in Oil and Gas Industry: Case Study and Lessons Learned. *Proceedings 31st Annual ARCOM Conference, September*, 813–822.