

Analisis *Breakdown* Selang *Ploughshare* M109 di Pabrik Phonska I PT Petrokimia Gresik Menggunakan Metode RCA

Farista Lilmumazzaini*, Sumiati

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 22032010088@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 22 Januari 2025

Disetujui: 29 Januari 2025

Abstract

The purpose of this study is to analyze the root causes of the plowshare hose failures in the rotary pelletizer (M109) at Phonska I Plant, PT Petrokimia Gresik, which frequently experience tearing, detachment, and leakage. The Root Cause Analysis (RCA) method using Fishbone Diagram and 5 Whys was applied to identify the root causes. Data was collected from the shutdown and work order history of the M109 equipment during January-November 2024. The analysis revealed that the root causes were lack of installation and inspection SOPs, inappropriate hose materials for operating conditions, and high machine vibration. Recommended improvements include developing SOPs for installation and inspection, using high-quality hose, and installing pressure and vibration monitoring equipment. Implementation of these recommendations is expected to improve machine reliability and reduce the frequency of failures.

Keywords: *breakdown, fishbone diagram, five whys, ploughshare hose, root cause analysis*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab kerusakan selang *ploughshare* pada Rotary Granulator (M109) di Pabrik Phonska I PT Petrokimia Gresik yang sering mengalami sobek, lepas, dan bocor. Metode yang digunakan adalah Root Cause Analysis (RCA) dengan alat bantu Fishbone Diagram dan 5 Whys untuk mengidentifikasi akar masalah. Data diperoleh dari histori shutdown dan workorder equipment M109 periode Januari-November 2024. Hasil analisis menunjukkan bahwa penyebab utama adalah kurangnya SOP pemasangan dan inspeksi berkala, material selang yang tidak sesuai dengan kondisi operasional, serta getaran mesin yang tinggi. Usulan perbaikan meliputi pembuatan SOP pemasangan dan inspeksi, penggunaan selang berkualitas tinggi, serta pemasangan alat pemantau tekanan dan getaran. Implementasi usulan ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi frekuensi kerusakan.

Kata Kunci: *breakdown, fishbone diagram, lima whys, root cause analysis, selang ploughshare*

1. Pendahuluan

Reliability atau keandalan yaitu peluang sebuah komponen atau mesin dapat melakukan fungsinya dengan baik dalam periode waktu dan kondisi operasi tertentu. Keandalan dari suatu mesin atau peralatan merupakan faktor kunci yang dapat memengaruhi efisiensi operasional dan biaya produksi. *Breakdown* merupakan kegagalan proses pada equipment/mesin yang terjadi secara tiba-tiba atau tidak direncanakan [1]. *Breakdown* adalah kerusakan yang terjadi pada mesin atau komponen mesin, yang akan menimbulkan *downtime* (kehilangan waktu) dalam operasional produksi karena berhentinya mesin tersebut. Keandalan mesin produksi sangat mempengaruhi kelancaran operasional produksi. Mesin yang tiba-tiba mengalami kerusakan bisa mengganggu kelancaran dan rencana proses produksi yang telah ditetapkan. Untuk menghindari dan meminimalisir adanya *breakdown* secara tiba-tiba, maka harus diadakan perencanaan perawatan mesin atau *equipment* secara berkala (*preventive maintenance*) [2]. Untuk mendukung kelancaran dan efektivitas proses produksi, *breakdown* harus segera dihilangkan dan dihindari.

Pada pabrik Phonska I di PT Petrokimia Gresik, salah satu *equipment* kritis yang berperan penting dalam operasional produksi yaitu M109 (*Rotary Granulator*). *Rotary Granulator* (M109) adalah *equipment* yang berfungsi untuk membentuk butiran pada proses granulasi di unit Phonska I. Mesin *Rotary Granulator* (M109) sering mengalami *breakdown* yang menghambat proses operasional dan berpengaruh buruk pada efisiensi produksi. Salah satu komponen yang sering mengalami kerusakan yaitu selang *ploughshare* yang berfungsi dalam distribusi cairan pembentuk granula. Kerusakan pada komponen ini dapat menyebabkan gangguan operasional, penurunan produktivitas, serta peningkatan biaya perawatan dan *downtime*. Berdasarkan pengamatan di lapangan, kerusakan selang *ploughshare* sering kali disebabkan oleh berbagai faktor seperti keausan material dan tekanan operasional yang berlebih. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lebih dalam akar

penyebab (*root cause*) dari permasalahan tersebut sehingga dapat diberikan rekomendasi perbaikan agar dapat mengurangi atau mencegah adanya *breakdown* serupa di masa mendatang.

Analisis *breakdown* pada selang *ploughshare equipment* M109 dilakukan menggunakan metode RCA, sehingga dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efektivitas pemeliharaan dan mengurangi potensi kerugian akibat kerusakan peralatan. *Root Cause Analysis* (RCA) merupakan metode terstruktur yang digunakan untuk menemukan kesalahan asli yang merupakan akar penyebab dari kegagalan suatu mesin atau *equipment*. RCA merupakan metode yang digunakan untuk mencari akar permasalahan yang bertujuan untuk menyelidiki masalah, insiden, ketidaksesuaian, atau kekhawatiran yang teridentifikasi. Melalui RCA, perusahaan dapat menemukan solusi untuk permasalahan yang mendesak dengan memahami akar penyebab dari masalah tersebut, kemudian menangani masalah dengan tepat untuk mencegah pengulangan masalah yang sama di masa depan [3]. *Tools* yang digunakan dalam RCA antara lain yakni diagram tulang ikan, *pareto analysis*, *5 Whys*, *six sigma*, *brainstorming*, dan *failure mode and effect analysis* [4].

Fishbone Diagram disebut juga Diagram Tulang Ikan atau Diagram Ishikawa, merupakan visualisasi grafis yang menampilkan data terkait faktor-faktor yang menyebabkan adanya kegagalan atau ketidaksesuaian sampai analisa mendalam pada faktor penyebab timbulnya masalah. Ishikawa Diagram berfokus pada keterikatan relasi antara akibat dan penyebabnya, metode ini digunakan untuk proses peninjauan serta gambaran, dimana dari diagram tersebut akan tervisualisasi jelas semua faktor-faktor penyebab yang mungkin masih berkaitan dengan masalah yang ditinjau [5]. Data untuk *Fishbone Diagram* didapatkan dengan cara subyektif atas pengamatan dan analisa yang dapat bermula dari hal-hal obyektif ataupun subyektif dengan menggunakan data kuantitatif maupun kualitatif. Bentuk *Fishbone Diagram* yaitu seperti tulang ikan, dimana dampak dari suatu kegagalan ditulis pada bagian kepala ikan, sedangkan faktor-faktor penyebab kegagalannya ditulis pada bagian tubuh [6].

Metode *5 Whys* merupakan metode sederhana yang bermanfaat untuk analisis akar penyebab permasalahan secara terstruktur. Prinsip metode ini adalah mengajukan pertanyaan “Mengapa?” yang digunakan untuk menginvestigasi hubungan sebab akibat yang mendasari suatu masalah [7]. Terdapat 3 elemen kunci yang menjadi dasar digunakannya metode *5 Whys*, yaitu keterampilan dalam menyelesaikan permasalahan dengan akurat, pemahaman pada kondisi sebenarnya, dan loyalitas dalam menemukan akar masalah [8]. Pengulangan pertanyaan “Mengapa?” pada analisis *5 Whys* biasanya dilakukan lima kali atau lebih untuk menggali penyebab suatu permasalahan sampai ditemukannya akar permasalahan. Melalui pemahaman terhadap akar permasalahan dapat menghasilkan tindakan korektif yang efektif agar dapat mengurangi insiden yang sama terulang kembali [9].

Penelitian ini menggunakan *Fishbone Diagram* dan *5 Whys* sehingga diharapkan penyebab utama kerusakan selang *ploughshare equipment* M109 dapat ditemukan dan strategi mitigasi yang lebih baik dapat dirancang untuk meningkatkan keandalan operasional produksi secara keseluruhan.

2. Metode Penelitian

Berdasarkan *history workorder equipment* M109 (*Rotary Granulator*) di pabrik Phonska I, pada tanggal 07 November 2024 terjadi *breakdown* selang *ploughshare* lepas dengan kategori *high risk*. Sebelumnya, selang *ploughshare* sudah sering mengalami beberapa *breakdown* seperti sobek, lepas, dan bocor. Penelitian ini menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya *breakdown* pada selang *ploughshare* tersebut dan memberikan usulan perbaikan untuk meminimalisir terjadinya *breakdown* yang sama.

Data yang diperlukan meliputi data historis *shutdown equipment* M109 dan *workorder equipment* M109 pada pabrik Phonska I periode Januari 2024-November 2024 yang didapatkan dari *website* Asset Performance Monitoring (APM). Data historis selang *ploughshare equipment* M109 di pabrik Phonska I selama Januari 2024-November 2024 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Historis Selang *Ploughshare Equipment* M109 di Pabrik II Phonska I PT Petrokimia Gresik Periode Januari 2024-November 2024

Tanggal	Analisa	Penilaian	Resiko
2024-11-30	Selang <i>plougsare</i> NH3 <i>point</i> 1,2 sering sobek	Warning	Medium Risk
2024-11-30	<i>Ploughshare point</i> 3 lepas (Program pasang <i>ploughshare</i>)	Warning	Medium Risk
2024-11-26	Spare selang <i>ploughshare</i> habis	Warning	Medium Risk
2024-11-07	Selang <i>ploughshare</i> lepas	Breakdown	High Risk
2024-09-30	Selang <i>ploughshare point</i> 1 & 2 rusak	Warning	Medium Risk
2024-09-11	Spare selang <i>Ploughshare</i> NH3 kosong	Good	Medium Risk
2024-09-10	Selang <i>ploughshare point</i> 1 lepas	Warning	Medium Risk
2024-09-10	Selang sobek	Good	Medium Risk
2024-09-10	Selang sobek	Good	Medium Risk
2024-08-26	Pipa <i>ploughshare</i> bocor	Good	Low Risk
2024-08-15	Selang rusak	Good	Medium Risk
2024-05-17	Selang <i>ploughshare</i> NH3 lepas	Warning	Medium Risk
2024-05-08	Selang <i>ploughshare</i> NH3 bocor	Warning	Medium Risk
2024-05-08	Selang putus	Good	Medium Risk
2024-02-19	Selang <i>ploughshare point</i> 123 sobek	Warning	Medium Risk

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Root Cause Analysis (RCA) yaitu metode yang digunakan untuk mencari penyebab utama (*root cause*) dari suatu permasalahan atau insiden. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam melakukan analisis *Root Cause Analysis* (RCA) [10]:

1. *Data Collection*, yaitu tahap pengumpulan data dan pemahaman mengenai permasalahan yang akan dicari akar penyebabnya. Kelengkapan informasi dan pemahaman yang baik amat diperlukan sehingga akar penyebab masalah dapat diidentifikasi dengan tepat.
2. *Causal Factor Charting*, yakni tahap pembuatan diagram berurut dengan tes logika yang menggambarkan insiden dan penyebab terjadinya insiden tersebut, termasuk juga kondisi eksternal yang mungkin mempunyai pengaruh.
3. *Root Cause Identification*, yaitu tahap identifikasi alasan yang menjadi dasar pemilihan faktor-faktor penyebab.
4. *Recommendation Generation and Implementation*, yakni tahap pemberian rekomendasi/usulan perbaikan yang memiliki tujuan untuk mencegah atau mengurangi terjadinya insiden atau kesalahan kembali.

Alat RCA yang digunakan yaitu *Fishbone Diagram* dan *5 Whys*. Penggunaan kedua alat RCA tersebut akan membantu menemukan akar penyebab dari terjadinya *breakdown* selang *ploughshare* lepas, sobek, dan bocor pada *equipment* M109. Dengan demikian, usulan perbaikan dapat diajukan berdasarkan analisis melalui kedua alat RCA tersebut.

Berikut ini merupakan penjelasan langkah-langkah analisis:

1. *Fishbone Diagram*
Fishbone Diagram disebut juga sebagai diagram Ishikawa merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dari suatu permasalahan [11]. *Fishbone diagram* merupakan salah satu alat *Root Cause Analysis* (RCA) yang umum digunakan. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam menyusun *Fishbone Diagram* [12]:
 - a. Tentukan *problem statement*
 - b. Identifikasi kategori atau aspek sebagai klausal. Biasanya berupa 6M (*Man, Machine, Material, Method, Measurement, Mother nature*); 8P (*Product, Price, Place, Promotion, People, Process, Physical Evidence, Productivity and quality*); atau 5S (*Surroundings, Suppliers, Systems, Skills, Safety*).
 - c. Tentukan sub-klausal/penyebab-penyebab potensial yang didapatkan melalui *brainstorming*, wawancara, atau *Focus Group Discussion* (FGD).
 - d. Lakukan analisis lebih mendalam pada penyebab-penyebab potensial yang telah disepakati.
Fishbone diagram bertujuan untuk menganalisis berbagai penyebab dari adanya *breakdown* pada selang *ploughshare equipment* M109. Adapun *fishbone diagram* yang dibangun meliputi kategori *Man, Method,*

Machine, Material, Measurement dan Environment. Analisis diagram fishbone dilakukan melalui brainstorming.

2. Lima Whys

5 Whys digunakan untuk eksplorasi penyebab yang lebih mendalam dan biasanya digunakan bersamaan dengan *Fishbone Diagram* [13]. Prinsip analisis 5 Whys yaitu menyusun pernyataan terkait situasi yang sedang terjadi dan mengajukan pertanyaan mengapa situasi tersebut dapat terjadi [14]. Analisis 5 Whys dilakukan dengan mengajukan pertanyaan “Mengapa?” secara bertahap sampai ditemukan akar dari permasalahan. Pengulangan pertanyaan tersebut dilakukan untuk menginvestigasi relasi antara penyebab dan akibat yang mendasari permasalahan [15]. Alat ini digunakan untuk menganalisis lebih dalam penyebab adanya *breakdown* pada selang *ploughshare equipment M109*.

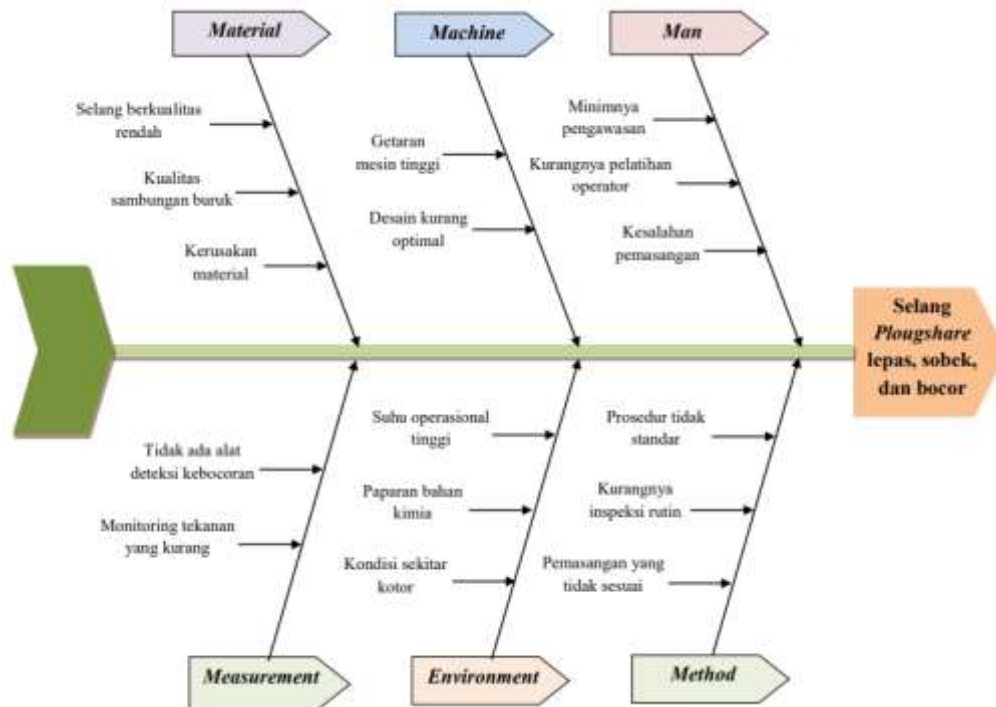
3. Usulan Perbaikan

Penyusunan usulan perbaikan didasarkan pada hasil *Root Cause Analysis (RCA)* dari kedua metode yang digunakan. Hal ini meliputi solusi teknis dan operasional serta implementasi perbaikan.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis Fishbone Diagram

Fishbone diagram atau diagram tulang ikan merupakan salah satu alat RCA yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dan solusi dari suatu permasalahan. Berikut ini merupakan analisis *fishbone diagram* untuk masalah *breakdown* pada selang *ploughshare equipment M109* yang sering mengalami sobek, lepas dan bocor:



Gambar 1. Fishbone Diagram Selang Ploughshare Equipment M109 di Pabrik II Phonska I PT Petrokimia Gresik Lepas, Sobek, dan Bocor

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Analisis:

1. Manusia (*Man*)

Penyebab terjadinya *breakdown* pada selang *ploughshare equipment M109* berdasarkan aspek manusia yaitu:

- Kurangnya pelatihan operator: Operator kurang memahami prosedur pemasangan dan perawatan selang yang benar.
- Kesalahan pemasangan: Selang tidak dipasang dengan kencang atau sesuai standar.
- Minimnya pengawasan: Supervisi kurang optimal dalam memastikan instalasi dan inspeksi rutin dilakukan.

2. Metode (*Methods*)
 Penyebab terjadinya *breakdown* pada selang *ploughshare equipment* M109 berdasarkan aspek metode yaitu:
 - Prosedur tidak standar: Tidak adanya SOP yang jelas untuk pemasangan dan perawatan selang.
 - Kurangnya inspeksi rutin: Selang tidak diperiksa secara berkala untuk mendeteksi potensi masalah seperti keausan atau kelonggaran.
 - Pemasangan yang tidak sesuai: Penggunaan alat atau metode yang salah saat pemasangan.
3. Mesin (*Machine*)
 Penyebab terjadinya *breakdown* pada selang *ploughshare equipment* M109 berdasarkan aspek mesin yaitu:
 - Getaran mesin tinggi: Getaran dari *equipment* M109 menyebabkan selang longgar atau lepas.
 - Desain kurang optimal: Desain selang tidak sesuai untuk kondisi operasional.
4. Material (*Material*)
 Penyebab terjadinya *breakdown* pada selang *ploughshare equipment* M109 berdasarkan aspek material yaitu:
 - Selang berkualitas rendah: Penggunaan selang yang tidak tahan terhadap tekanan atau bahan kimia yang digunakan.
 - Kualitas sambungan buruk: Sambungan antar komponen selang kurang baik sehingga mudah bocor.
 - Kerusakan material: Selang mengalami keretakan akibat suhu atau tekanan tinggi.
5. Lingkungan (*Environment*)
 Penyebab terjadinya *breakdown* pada selang *ploughshare equipment* M109 berdasarkan aspek lingkungan yaitu:
 - Suhu operasional tinggi: Kondisi suhu tinggi dapat mempercepat keausan selang.
 - Paparan bahan kimia: Bahan kimia dalam produksi dapat menyebabkan korosi atau kerusakan selang.
 - Kondisi sekitar kotor: Debu atau partikel kecil masuk ke dalam sambungan, menyebabkan kebocoran.
6. Pengukuran (*Measurement*)
 Penyebab terjadinya *breakdown* pada selang *ploughshare equipment* M109 berdasarkan aspek pengukuran yaitu:
 - Tidak ada alat deteksi kebocoran: Kebocoran hanya diketahui setelah kerusakan parah terjadi.
 - Monitoring tekanan yang kurang: Tidak ada sistem pemantauan tekanan atau aliran untuk mendeteksi anomali.

Analisis 5 Whys

Analisis 5 Whys adalah metode pendekatan dalam RCA yang bertujuan untuk menggali akar penyebab permasalahan secara lebih mendalam melalui pertanyaan “Mengapa” secara berulang lima kali ataupun lebih sesuai kebutuhan. Analisis 5 Whys *breakdown* pada selang *ploughshare equipment* M109 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Analisis 5 Whys *Breakdown* pada Selang *Ploughshare Equipment* M109 di Pabrik II Phonska I PT Petrokimia Gresik

Masalah utama	Selang <i>ploughshare</i> pada <i>equipment</i> M109 sering lepas, sobek, dan bocor.	
Why 1	Mengapa selang <i>ploughshare</i> sering lepas, sobek, dan bocor?	Karena sambungan selang longgar.
Why 2	Mengapa sambungan selang longgar?	Karena getaran mesin yang tinggi dan kualitas sambungan tidak sesuai standar.
Why 3	Mengapa getaran mesin tinggi dan kualitas sambungan tidak sesuai?	Karena mesin sering <i>overload</i> dan bahan sambungan yang digunakan tidak tahan terhadap kondisi operasional.
Why 4	Mengapa mesin sering <i>overload</i> dan bahan sambungan tidak sesuai?	Karena kurangnya kontrol dan evaluasi berkala terhadap mesin serta pemilihan bahan tidak mempertimbangkan tekanan, suhu, atau bahan kimia yang digunakan dalam produksi.
Why 5	Mengapa pengontrolan dan evaluasi berkala pada mesin serta pemilihan bahan selang tidak dilakukan dengan baik?	Karena kurangnya SOP untuk inspeksi desain, material, dan proses pembelian komponen yang mengacu pada standar industri.

Masalah utama	Selang <i>ploughshare</i> pada <i>equipment</i> M109 sering lepas, sobek, dan bocor.	
Why 5	Mengapa pengontrolan dan evaluasi berkala pada mesin serta pemilihan bahan selang tidak dilakukan dengan baik?	Karena kurangnya SOP untuk inspeksi desain, material, dan proses pembelian komponen yang mengacu pada standar industri.

Sumber: Hasil Olah Data (2024)

Usulan Perbaikan

Adapun usulan implementasi perbaikan untuk mengurangi *breakdown* yang sama pada selang *ploughshare equipment* M109 yakni:

1. Membuat SOP pemasangan dan inspeksi selang meliputi standarisasi prosedur pemasangan selang, termasuk metode pengencangan, inspeksi, dan penanganan kebocoran.
2. Memberikan pelatihan kepada operator dan teknisi terkait cara memasang selang dengan benar dan mengenali tanda-tanda awal kerusakan dan menyediakan *checklist* harian bagi operator untuk memeriksa kondisi sambungan dan selang.
3. Memasang *damping pad* atau bahan penyerap getaran pada mesin.
4. Mereposisi selang agar tidak terlalu tegang atau terpapar langsung pada sumber getaran mesin.
5. Meninjau ulang desain sambungan dan *fitting* untuk memastikan kekuatan dan ketahanan terhadap tekanan serta getaran.
6. Menggunakan selang jenis pipa yang lebih tahan terhadap tekanan, suhu, dan bahan kimia yang digunakan dalam proses operasional.
7. Melakukan inspeksi visual terhadap selang dan sambungan secara rutin untuk mendeteksi tanda-tanda keausan atau kebocoran.
8. Menetapkan interval waktu penggantian selang sebelum komponen mencapai masa pakai maksimum.
9. Menjaga stok selang cadangan agar selalu tersedia.
10. Memantau tekanan, suhu, dan getaran mesin secara berkala menggunakan alat ukur untuk mengidentifikasi potensi kerusakan.
11. Mengintegrasikan sensor tekanan pada selang untuk mendeteksi kebocoran secara *real-time*.
12. Memasang alat pemantau getaran untuk memastikan mesin bekerja dalam kondisi aman.
13. Mengimplementasikan sistem alarm otomatis yang memberi tahu operator jika terjadi kebocoran atau penurunan performa pada selang.
14. Melakukan analisis FMECA (*Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*) untuk memetakan risiko yang terkait dengan sambungan dan selang.
15. Mengidentifikasi titik lemah pada seluruh sistem *equipment* M109 yang dapat memengaruhi performa selang.
16. Mengadakan sesi diskusi rutin untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya inspeksi dan pemasangan yang benar dengan operator dan seluruh karyawan.
17. Mendorong operator untuk segera melaporkan anomali atau potensi kerusakan pada selang atau mesin.

4. Kesimpulan

Selang *ploughshare equipment* M109 di pabrik Phonska I sering mengalami *breakdown* sobek, lepas, dan bocor. *Breakdown* tersebut semakin sering pada bulan november dengan total 4 pelaporan. Berdasarkan analisis *Fishbone Diagram* dan 5 *Whys* untuk *breakdown* sobek, lepas, dan bocor pada selang *ploughshare equipment* M109 didapatkan akar penyebab utama terjadinya *breakdown* tersebut yaitu kurangnya SOP untuk inspeksi dan evaluasi berkala dan pemilihan material yang tidak sesuai dengan kondisi operasional. Adapun usulan perbaikan untuk mengurangi dan menghindari terjadinya *breakdown* yang sama di masa mendatang yaitu membuat SOP untuk inspeksi, pemilihan material, dan prosedur pemasangan selang; memasang *damping pad* untuk mengurangi getaran dan meninjau ulang posisi selang; menggunakan sambungan dan selang berkualitas tinggi, selang pipa lebih direkomendasikan; menjadwalkan inspeksi sambungan dan selang secara berkala untuk mendeteksi tanda-tanda keausan; dan memasang alat pemantauan getaran untuk memastikan mesin bekerja dalam batas normal. Saran untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan analisa lebih mendalam seperti dengan menggabungkan metode *Root Cause Analysis* (RCA) dengan metode lain yang relevan.

5. Referensi

- [1] Irma Nurmala Dewi, Arta Rusidarma Putra, Hadi Kurniawanto, Ombi Romli, and Dedy Khaerudin, "Implementasi Metode Overall Equipment Effectiveness Dan Six Big Losses Pada Cutting Machine," *Maeswara J. Ris. Ilmu Manaj. dan Kewirausahaan*, vol. 2, no. 3, pp. 59–71, 2024, doi:

- 10.61132/maeswara.v2i3.883.
- [2] A. Setyawan *et al.*, “Analisis Keandalan Mesin Screw Press dengan Metode MTTF,” p. 2023, 2023.
- [3] F. Rafsyhan Zani and H. Supriyanto, “Analisis Perbaikan Proses Pengemasan Menggunakan Metode Root Cause Analysis Dan Failure Mode And Effect Analysis Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Pada CV. XYZ,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. IX*, pp. 140–146, 2021.
- [4] P. Wulandari and H. C. Wahyuni, “Analisa pengukuran produktivitas menggunakan Metode American Productivity Center dan Metode Root Cause Analysis,” *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 3, no. December, pp. 1–8, 2022, [Online]. Available: <https://pels.umsida.ac.id/index.php/PELS/article/view/1305/909>
- [5] D. P. Putra, E. Dwiantoro, and E. R. Hariza, “Evaluasi Waste Material Pada Proyek Konstruksi Menggunakan Metode Pareto Dan Fishbone Diagram (Studi Kasus : Rusun Ponpes Al-Muslimun Bengkulu Tengah),” *J. Penelit. Ipteks*, vol. 9, no. 2, pp. 258–267, 2024.
- [6] C. Lie, G. D. Haryadi, and Y. Umardani, “Analisis Reliability Komponen Kritis Menggunakan Metode Fishbone Analysis Dan Probability Plot Pada Hydraulic Driven Axial Pump ...,” *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 4, pp. 87–94, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/40811>
- [7] L. Nopilia, D. J. Bimbingan, M. Islam, I. Kurnianto, D. J. Bimbingan, and M. Islam, “Efektivitas Program Bimbingan Perkawinan Pra Nikah Root Cause Analysis the,” *J. Ilm. Gema Perencana*, pp. 1–14, 2022.
- [8] M. Waste *et al.*, “Minimalisasi Waste Defect pada Proses Produksi Keramik Terazzo di PT Dipta Generasi Global Menggunakan Pendekatan,” vol. 9, no. 14, pp. 456–464, 2024.
- [9] I. S. Haq and M. A. Purba, “Kajian Penyebab Kerusakan Door Packing pada Tabung Sterilizer Menggunakan Metode Root Cause Analysis (RCA) di Sungai Kupang Mill,” *J. Vokasi Teknol. Ind.*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.36870/jvti.v2i2.177.
- [10] S. F. Zahra and H. Prastawa, “Analisis Keluhan Muskuloskeletal Menggunakan Metode Nordic Body Map (Studi Kasus: Pekerja Area Muat PT Charoen Pokphand Indonesia Semarang),” *Ind. Eng. Online J.*, vol. 12, pp. 1–9, 2023.
- [11] Y. A. Sujarwo and A. Ratnasari, “Aplikasi Reservasi Parkir Inap Menggunakan Metode Fishbone Diagram dan QR-Code,” *J. Sisfokom (Sistem Inf. dan Komputer)*, vol. 9, no. 3, pp. 302–309, 2020, doi: 10.32736/sisfokom.v9i3.808.
- [12] E. Aristriyana and R. Ahmad Fauzi, “Analisis Penyebab Kecacatan Produk Dengan Metode Fishbone Diagram Dan Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Pada Perusahaan Elang Mas Sindang Kasih Ciamis,” *J. Ind. Galuh*, vol. 4, no. 2, pp. 75–85, 2023, doi: 10.25157/jig.v4i2.3021.
- [13] D. Wahjudi and A. Cahyadi, “Implementasi FMEA untuk Peningkatan Produktifitas di PT. X,” *J. Tek. Mesin*, vol. 19, no. 2, pp. 45–50, 2022, doi: 10.9744/jtm.19.2.45-50.
- [14] F. Afriandi and J. Aidil Saifuddin, “Penerapan Lean Manufacturing Menggunakan Metode Waste Assessment Model (WAM) Untuk Mengurangi Waste Pada Lini Produksi Steel Structure,” *JTMEI J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Inform.*, vol. 2, no. 4, pp. 62–75, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i4.1518>
- [15] D. Rusdiana and O. Adria Fitra, “Artikel Penelitian Analisa Manajemen Resiko Laboratorium Farmasetika Untuk Persyaratan ISO 9001:2015 Menggunakan Metode 5 Why Analysis,” *Afamedis*, vol. 4, no. 1, pp. 41–47, 2023, [Online]. Available: <https://www.journal-afamedis.com/index.php/afamedis>