

Evaluasi Keausan *Pin* dan *Bushing* pada *Reach Stacker* Akibat Kurangnya Pelumasan Menggunakan Metode FMEA dan RCA

Wilky Alfino^{*1}, Nurul Laila Arifin^{*2}

Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknik Mesin
Jl. Ahmad Yani, Batam Center, Batam 29461, Indonesia
E-mail: wilkyalfino@gmail.com

Abstrak

Reach Stacker merupakan alat berat kritis dalam operasional bongkar muat peti kemas yang rentan mengalami kerusakan pada komponen *Pin* dan *Bushing* akibat kurangnya pelumasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keausan komponen *Pin* dan *Bushing* pada *Reach Stacker* akibat kurangnya pelumasan serta menentukan prioritas risiko kegagalan. Metode yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi, kejadian, dan kemampuan deteksi, serta *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah dari kurangnya pelumasan yang terjadi pada *Pin* dan *Bushing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab “lubang grease tersumbat” memperoleh nilai RPN tertinggi dengan nilai (150), dengan akar penyebab berupa belum adanya SOP, sistem kontrol, dan monitoring pembersihan *nipple* pada manajemen perawatan. Berdasarkan temuan tersebut, disusun rekomendasi perbaikan berupa penyusunan SOP pelumasan tertulis, checklist inspeksi berkala, sistem pencatatan perawatan, serta pengawasan berkala oleh supervisor/PIC *maintenance*.

Kata kunci: Keausan, *Pin* dan *Bushing*, *Reach Stacker*, FMEA, RCA

Abstract

Reach stackers are critical heavy equipment in container handling operations; however, their *pin* and *bushing* components are prone to damage due to inadequate lubrication. This study aims to analyze wear in these components caused by insufficient lubrication and to determine failure risk priorities. The methodology employs *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) to calculate the *Risk Priority Number* (RPN)—based on severity, frequency of occurrence, and detectability—and *Root Cause Analysis* (RCA) to identify the underlying causes of the lubrication issues affecting the pins and bushings. The results indicate that “clogged grease ports” yielded the highest RPN (150), with the root cause identified as the absence of *Standard Operating Procedures* (SOPs), control systems, and monitoring protocols for grease nipple cleaning within the maintenance management framework. Based on these findings, improvement recommendations were formulated, including the development of written lubrication SOPs, periodic inspection checklists, maintenance record-keeping systems, and regular oversight by supervisors or the maintenance person-in-charge (PIC).

Keyword: Wear, *Pin* and *Bushing*, *Reach Stacker*, FMEA, RCA

1. Pendahuluan

Reach Stacker (RS) merupakan salah satu unit alat berat yang sangat dibutuhkan di pelabuhan dan di perusahaan peti kemas dikarenakan (RS) ini memiliki keandalan yang cukup baik di karena kan unit alat berat ini yang fleksibel dan tidak terbatas ruang geraknya [1]. Alat ini merupakan tipe pesawat angkat angkut yang berfungsi memindahkan, mengangkat dan menumpuk peti kemas yang jangkauannya relatif terbatas. (RS) ini sendiri memiliki kapasitas angkat sebesar 40-ton, dan dapat menumpuk 5 hingga 6 tumpukan kontainer dan memiliki *Spreaderbar* yang dapat merubah ukurannya secara otomatis sesuai dengan panjang kontainer yang ditangani yaitu 20’ dan 40’ [2]. Setiap alat pasti akan mengalami penurunan keandalan jika digunakan secara terus menerus yang kemudian dapat menyebabkan kerusakan, hal ini dapat mengurangi waktu produksi karena terpakai untuk proses perbaikan yang lama dan memengaruhi produktivitas [3]. salah satu kerusakan yang dapat memengaruhi produktivitas ialah kerusakan *Pin* dan *Bushing*.



Gambar 1.1 Reach Stacker

- = *Spreader bar*
- = *Telescopic boom*
- = *Pin, Bushing dan Housing nya*

Pin merupakan batang *Cylinder* yang berfungsi sebagai poros atau penghubung antar komponen sementara *Bushing* adalah komponen pelapis yang berfungsi mengurangi gesekan antar *Pin* dan *Housing* keduanya bekerja secara bersamaan untuk memungkinkan pergerakan dan menahan beban [4].

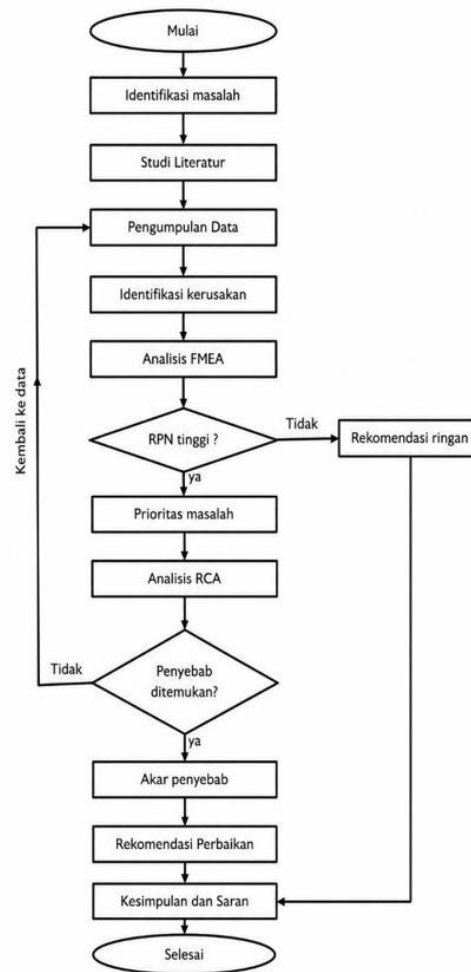
Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi risiko kegagalan akibat keausan *Pin* dan *Bushing* pada *Reach Stacker* yang diduga dipengaruhi oleh kurangnya pelumasan menggunakan metode FMEA serta mengidentifikasi akar penyebabnya menggunakan RCA sehingga dapat disusun rekomendasi perbaikan dan tindakan pencegahan yang tepat. Analisis potensi kegagalan dilakukan menggunakan metode FMEA dengan penilaian *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* untuk menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN). Prioritas kerusakan ditentukan berdasarkan nilai RPN tertinggi. Analisis akar penyebab masalah dilakukan dengan menggunakan RCA pada komponen dengan nilai RPN tertinggi. Hasil analisis digunakan untuk menyusun rekomendasi perbaikan.

Agar penelitian ini lebih terarah batasan masalah yang akan di bahas pada penelitian ini akan berfokus pada keausan *Pin* dan *Bushing* pada (RS) menggunakan metode penelitian FMEA dan RCA, observasi lapangan, data perawatan dan juga kuisioner yang akan di berikan kepada teknisi.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini akan berfokus pada keausan *Pin* dan *Bushing* pada RS dengan menggunakan data observasi, wawancara, dan riwayat perawatan. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk menentukan prioritas risiko dan RCA (*Root Cause Analysis*) untuk menemukan akar penyebab, sehingga dapat diberikan rekomendasi perbaikan yang tepat. penelitian ini di dasarkan pada sistematika metodologi yang diuraikan dalam diagram alur penelitian berikut.

Gambar 2 flowchart penelitian



2.1 Identifikasi Masalah

Tahap awal penelitian ini ialah mengidentifikasikan masalah mengapa terjadinya keausan pada *Pin* dan *Bushing* pada RS permasalahan yang di temukan berupa:

- Keausan yang terjadi lebih cepat dari umur pakai normal
- Kelonggaran pada sambungan (*joint clearance*)
- Penurunan performa alat

Masalah ini dapat berpotensi menyebabkan:

- Kerusakan lanjutan
- *Downtime* operasional
- Biaya perbaikan tinggi

Identifikasi ini dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan, menurut data PM (*Preventif Maintenance*), *Pin* dan *Bushing* mengalami keausan dan menyebabkan *Housing* nya terkikis. Berdasarkan data *Preventive Maintenance* (PM), *Reach Stacker* yang menjadi objek penelitian saya, telah menjalani perawatan berkala sesuai jadwal perusahaan. Pada saat dilakukan pembongkaran akibat ditemukannya keretakan pada *Spreaderbar*, dilakukan inspeksi terhadap sambungan antara *Spreaderbar* dan *Telescopic boom*. Hasil observasi menunjukkan adanya *free play*, bunyi abnormal, serta bekas gesekan pada area sambungan *Pin* dan *Housing*. Selain itu, terlihat adanya kelonggaran padaudukan *Bushing* yang mengindikasikan telah terjadi keausan pada pasangan *Pin* dan *Bushing* [5]. Kondisi tersebut menyebabkan *Pin* tidak lagi berada pada posisi sentral (*misalignment*) dan berpotensi bergesekan dengan area *Housing*, sehingga mempercepat terjadinya keausan padaudukan *Bushing*.

Gambar 2.1.1 Housing Pin Terkikis



Gambar 2.1.2 Pin Terkikis



Gambar 2.1.3 Keretakan Spreader bar



2.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah penelusuran referensi-referensi yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Referensi-referensi yang di ambil dari internet ialah berupa teori dan pengetahuan mengenai apa itu RS, fungsi utama *Pin* dan *Bushing*, jenis keausan yang biasanya terjadi pada komponen *Pin* dan *Bushing*, fungsi dari pelumasan, apa fungsi dan tujuan dari metode FMEA dalam penelitian ini dan penentuan nilai RPN, apa fungsi dan tujuan dari metode RCA dalam penelitian ini dengan menggunakan metode 5 *Why analysis* dan *Fishbone diagram*.

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data mengenai keausan *Pin* dan *Bushing* pada RS melalui 3 cara yaitu, observasi lapangan, penelusuran data riwayat perawatan dan juga kuesioner terhadap teknisi yang menangani *Reach Stacker* secara langsung, kuesioner yang diberikan kepada 7 responden (R1 – R7) yang terdiri dari teknisi dengan jabatan dan pengalaman kerja yang bervariasi, yaitu 1 orang senior mekanik, 1 orang mekanik dan 5 orang junior mekanik, dengan lama pengalaman kerja antara kurang dari 2 tahun hingga 2-5 tahun. Seluruh responden dipastikan pernah menangani perbaikan/perawatan komponen *Pin* dan *Bushing* secara langsung dan berinteraksi dengan unit *Reach Stacker* setiap hari, sehingga penilaian yang diberikan didasarkan pada pengalaman nyata di lapangan, bukan sekedar asumsi penulis, setiap responden menilai aspek *Severity* (S), *Occurance* (O), dan *Detection* (D) untuk setiap mode dan penyebab kegagalan menggunakan skala 1 – 10. Nilai akhir S, O, D diperoleh dari rata – rata penilaian ketujuh responden yang kemudian dibulatkan ke bilangan bulat terdekat, guna meminimalkan bias subjektif individu dan menghasilkan nilai RPN yang lebih objektif dan representatif terhadap kondisi lapangan.

2.4 Identifikasi Kerusakan

Identifikasi kerusakan ini berfungsi untuk mengetahui gejala fisik dan fungsional yang muncul pada sistem sambungan (*Joints*) pada alat tersebut, pada penelitian ini gejala fisik yang di alami pada permukaan komponen ialah keausan abrasif dimana terkikisnya suatu material secara merata atau tidak merata yang menyebabkan dimensi *Pin* mengecil/lubang *Bushing* membesar [6]. Gejala fungsional dan operasional ialah terdengarnya suara abnormal (*Squeaking/Grinding*) yaitu munculnya suara seperti decitan nyaring/bunyi beradu saat *Boom* melakukan gerakan naik-turun (*Hoisting*)/ keluar-masuk (*Telescoping*). Penyebab langsungnya ialah kondisi pelumasannya yang kering (*Dry Joint*) yaitu dimana kondisi permukaan *Pin* kering total tanpa ada lapisan pelumas sama sekali, dimana dapat menyebabkan kegagalan total atau (*seizure*) dimana *Pin* terkunci di dalam *Housing* sehingga tidak bisa bergerak sama sekali [7], yang berisiko dapat merusak struktur *Boom*/komponen hidrolik lainnya

3. Analisis Data dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan ini menggunakan tiga metode yang saling melengkapi, yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), Diagram sebab-akibat (*Fishbone diagram*), dan metode *5 Whys*. FMEA merupakan salah satu metode yang akan penulis gunakan untuk melihat kegagalan yang terjadi pada *Pin* dan *Bushing* saat kurangnya pelumasan, di sini terdapat tiga faktor yang di nilai yaitu :

Severity (S) = yaitu tingkat keparahan

Occurrence (O) = frekuensi kejadian

Detection (D) = kemampuan deteksi

skala yang akan penulis gunakan itu ialah 1 – 10 dimana :

1 - 2 = Sangat rendah

3 - 4 = Rendah

5 - 6 = Sedang

7 - 8 = Tinggi

9 - 10 = Sangat tinggi

Disini kita akan menghitung *Risk Priority Number* (RPN) dengan

Rumus:

$$\text{RPN} = S \times O \times D$$

Keterangan:

S (*Severity*) = keparahan

O (*Occurrence*) = Frekuensi

D (*Detection*) = Deteksi

untuk menentukan threshold RPN pada penelitian, skala teoritis maksimum di gunakan ialah 1 - 1000 jika nilai pada tabel FMEA jauh dari nilai tersebut maka penulis akan menentukan threshold RPN menggunakan pendekatan statistik berbasis mean dan standar deviasi dari data RPN aktual dengan rumus

$$\bar{x} = \frac{\sum (RPN_i)}{n} \quad (1)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (RPN_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Keterangan

$\bar{x}$ = Nilai rata – rata dari seluruh RPN

Σ = Notasi penjumlahan

RPN_i = Nilai RPN pada mode kegagalan ke 1

N = jumlah total mode kegagalan yang dianalisis

i = Indeks atau urutan data, dari i = 1 samapai i = n

SD = Standar Deviasi

Tabel 3.1 Risk Priority Number

RISK PRIORITY NUMBER (RPN)					
NO	MODE KEGAGALAN DAN PENYEBAB	S	O	D	RPN
1	KEAUSAN PADA PIN	7	3	4	84
2	KEAUSAN PADA BUSHING	6	4	4	96
3	CELAH ANTARA PIN DAN BUSHING MEMBESAR	7	4	4	112
4	PELUMASAN PADA PIN DAN BUSHING TIDAK MENCUKUPI	7	4	4	112
5	LUBANG GREASE TERSUMBAT	6	5	5	150
6	PELUMASAN TIDAK DILAKUKAN SESUAI JADWAL	7	2	3	42
Total Jumlah RPN					596

 = Mode Kegagalan

 = Mode Penyebab

Berdasarkan hasil kuesioner di atas dapat bahwasanya nilai RPN jauh lebih kecil di banding dengan skala teoritis maksimum (1 – 1000), sehingga penggunaan skala teoritis tidak representatif untuk membedakan tingkat prioritas antar mode kegagalan. Berdasarkan hasil dari perhitungan diperoleh nilai rata – rata berdasarkan rumus di atas didapatkan nilai:

$$(\bar{x}) = 99,33$$

$$SD = 35,84$$

Kategori risiko ditentukan dengan rumus berikut :

$$\text{Rendah} = \text{RPN} \leq 63$$

$$\text{Tinggi} = 64 \leq \text{RPN} \leq 135$$

$$\text{Sangat tinggi} = \text{RPN} > 135$$

Berikut merupakan tabel FMEA yang menampilkan kegagalan komponen *Pin* dan *Bushing* pada RS. Hasil dari perhitungan RPN digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan. Berikut merupakan hasil dari kuesioner yang sudah di berikan peringkat prioritas perbaikannya.

Tabel 3.2 Peringkat Risk Priority Number

RISK PRIORITY NUMBER (RPN)							
NO	MODE KEGAGALAN DAN PENYEBAB	S	O	D	RPN	PERINGKAT	PRIORITAS
1	KEAUSAN PADA PIN	7	3	4	84	5	TINGGI
2	KEAUSAN PADA BUSHING	6	4	4	96	4	TINGGI
3	CELAH ANTARA PIN DAN BUSHING MEMBESAR	7	4	4	112	2	TINGGI
4	PELUMASAN PADA PIN DAN BUSHING TIDAK MENCUKUPI	7	4	4	112	2	TINGGI
5	LUBANG GREASE TERSUMBAT	6	5	5	150	1	SANGAT TINGGI
6	PELUMASAN TIDAK DILAKUKAN SESUAI JADWAL	7	2	3	42	6	RENDAH

= Mode Kegagalan

= Mode Penyebab

3.1 Prioritas Masalah

Berdasarkan hasil *Risk Priority Number* (RPN) di atas diperoleh nilai untuk setiap mode kegagalan dan penyebab kegagalan yang teridentifikasi pada sistem *Pin* dan *Bushing Reach Stacker*. Nilai RPN diperoleh dari hasil perkalian antara nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), dengan rumus seperti berikut $RPN = S \times O \times D$ semakin tinggi nilai RPN yang dihasilkan, maka semakin tinggi pula prioritas penanganan yang perlu diberikan terhadap mode kegagalan atau penyebab tersebut. Hasil dari rekapitulasi menunjukkan bahwa penyebab “lubang *grease* tersumbat” memperoleh nilai RPN tertinggi dengan nilai sebesar 150 sehingga menempati peringkat pertama sebagai prioritas utama yang harus segera ditindak lanjuti. Tingginya nilai RPN pada penyebab ini mengidentifikasikan bahwa tersumbatnya lubang *grease* memiliki frekuensi kejadian yang cukup sering terjadi dimana *Occurrence* nya menunjukkan nilai (5) serta relatif sulit untuk dideteksi secara dini dengan nilai *Detection* nya menunjukkan nilai (5) sehingga apabila tidak segera ditangani dapat menimbulkan dampak yang cukup signifikan terhadap kondisi *Pin* dan *Bushing*

Peringkat kedua ditempati oleh dua penyebab dengan nilai RPN yang sama, yaitu dengan mode kegagalan “celah antara *Pin* dan *Bushing* membesar” dan “pelumasan pada *Pin* dan *Bushing* tidak mencukupi”, dengan nilai RPN masing – masing sebesar 112 kedua penyebab ini memiliki nilai *Severity* yang tinggi, yang menunjukkan bahwa dampak yang ditimbulkan terhadap kinerja *Reach Stacker* cukup besar apabila kegagalan tersebut terjadi

Selanjutnya, mode kegagalan “keausan pada *Bushing*” berada pada peringkat keempat dengan nilai RPN 96, diikuti oleh “keausan pada *Pin*” pada peringkat kelima dengan nilai RPN 84, sementara itu penyebab “pelumasan tidak dilakukan sesuai jadwal” memperoleh nilai RPN terendah, yaitu 42, sehingga menempati peringkat ke enam atau prioritas penanganan yang paling rendah dibandingkan penyebab lainnya.

3.2 Analisis Akar Masalah (RCA)

Setelah melakukan identifikasi prioritas masalah melalui metode FMEA, langkah selanjutnya, adalah melakukan analisis akar masalah (*Root Cause Analysis*). Berdasarkan hasil analisis prioritas tersebut, dapat disimpulkan bahwa penyebab yang memerlukan tindakan perbaikan segera adalah lubang *grease* yang tersumbat, mengingat penyebab tersebut memiliki nilai RPN tertinggi dan berpotensi menimbulkan dampak yang signifikan terhadap kinerja alat *Reach Stacker*. Untuk mengetahui akar penyebab (*Root Cause*) dari permasalahan dengan prioritas tertinggi tersebut secara mendalam maka selanjutnya penulis akan melakukan analisis akar masalah (*Root Cause Analysis*) agar dapat mengetahui penyebab dasar mengapa lubang *grease* tersumbat. Analisis ini menggunakan dua pendekatan, yaitu diagram *Fishbone* dan metode *5 whys*. *Fishbone* diagram atau sering di sebut dengan *Ishikawa's* diagram adalah alat yang di gunakan untuk memetakan kemungkinan penyebab dari suatu masalah secara terstruktur dengan mengelompokkan penyebab-penyebab tersebut ke dalam kategori seperti manusia, proses, alat, material dan lingkungan [8]. Metode ke 2 yaitu *5 Whys* yaitu metode bertanya secara bertingkat hingga lima kali atau lebih untuk menggali akar penyebab dari sebuah permasalahan [9]. Dengan terus menanyakan ‘mengapa’ pada setiap jawaban, metode ini membantu mengeksplorasi faktor mendasar yang sering kali tersembunyi di balik gejala masalah.

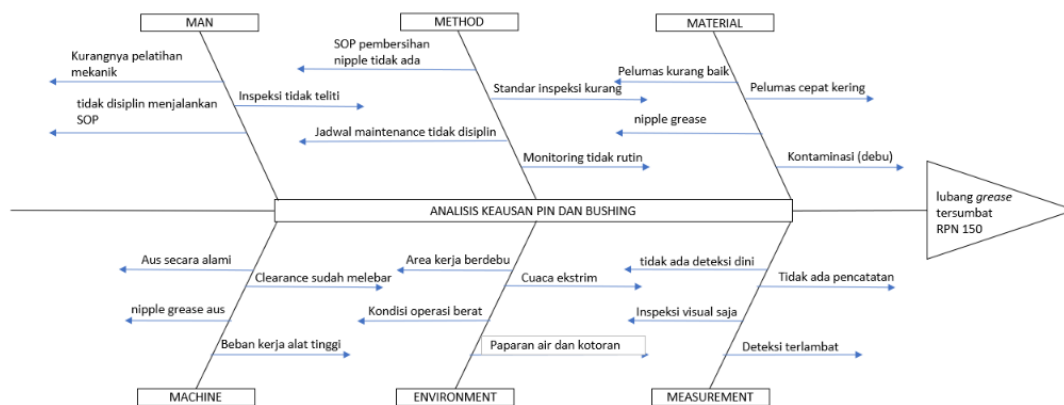


Diagram 3.1 Fishbone

Berdasarkan hasil perhitungan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi adalah tersumbatnya lubang *grease*. Untuk mengidentifikasi penyebab dari masalah dengan prioritas tertinggi, dilakukan analisis menggunakan diagram *Fishbone* di atas. Untuk menyaring hasil analisis *fishbone* yang telah teridentifikasi ke dalam enam kategori (*Man, Method, Material, Machine, Environment, Measurement*) dilakukan sintesis dengan mengelompokkan sub-penyebab yang memiliki keterkaitan tema (*Thematic Grouping*) pada masing – masing kategori menjadi satu faktor penyebab inti yang paling mewakili (*Dominant/Representative Cause*). Pendekatan ini digunakan karena setiap kategori pada diagram *Fishbone* umumnya memuat lebih dari satu sub-penyebab yang saling berkaitan dan mengarah pada akar permasalahan yang sama, sehingga perlu di rangkum menjadi 1 pernyataan penyebab per kategori sebelum di lakukan penelusuran lebih lanjut menggunakan metode *5 Whys*.

Tabel 3.3 Penyebab inti per Kategori

Kategori	Faktor penyebab (inti)	Dasar Perumusan
Man	Kurangnya kompetensi dan kedisiplinan mekanik dalam menjalankan prosedur perawatan.	Merangkum: kurangnya pelatihan, inspeksi tidak disiplin menjalankan SOP, ketiganya bermuara pada satu akar yaitu kualitas SDM dalam menjalankan tugas perawatan
Method	Tidak adanya SOP dan jadwal monitoring pelumasan yang terstandar.	Merangkum: SOP pembersihan <i>nipple</i> tidak ada, standar inspeksi kurang, dan monitoring tidak rutin - semuanya menunjukkan tidak adanya sistem prosedural yang baku
Material	Kualitas pelumasan yang tidak sesuai spesifikasi dan mudah terkontaminasi.	Merangkum: pelumas kurang baik, pelumas cepat kering, dan kontaminasi debu – inti masalahnya adalah pelumas tidak mampu bertahan pada kondisi kerja aktual
Machine	Keausan komponen akibat beban kerja tinggi yang tidak diimbangi perawatan.	Merangkum: aus alami, <i>Clearance</i> melebar, <i>nipple grease</i> aus dan beban kerja tinggi – semuanya merupakan konsekuensi mekanis dari pemakaian intensif tanpa mitigasi memadai.
Environment	Kondisi lingkungan kerja yang ekstrem dan berdebu di area pelabuhan.	Merangkum: area kerja berdebu, cuaca ekstrem, kondisi operasi berat, dan paparan air/kotoran – inti masalahnya adalah lingkungan operasi yang keras terhadap komponen pelumas
Measurement	Belum adanya sistem deteksi dini dan pencatatan kondisi pelumas	Merangkum: tidak ada deteksi dini, tidak ada pencatatan, inspeksi visual saja, dan deteksi terlambat – inti masalahnya adalah lemahnya sistem pemantauan berbasis data

Berdasarkan sintesis pada tabel 3.3, saling berkaitan dan mengarah pada akar permasalahan yang sama Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa penyebab utama berasal dari beberapa faktor yang saling berkaitan yaitu:

- Kontaminasi debu dan kotoran dari lingkungan kerja yang bercampur ke dalam pelumas
- Ketiadaan SOP dan monitoring terkait pembersihan *nipple* secara berkala
- Kurangnya kompetensi dan kedisiplinan mekanik dalam menjalankan prosedur pelumasan yang benar

Faktor-faktor tersebut menyebabkan tidak optimalnya pelumasan, dikarenakan kontaminasi debu dan kotoran dapat menyebabkan lubang *grease* tersumbat dan membuat *grease* tidak dapat sampai ke dalam kontak antara permukaan *Pin* dan *Bushing* yang kemudian menyebabkan kondisi permukaan menjadi sambungan kering (*Dry Joint*), gesekan logam ke logam (*Metal to Metal Contact*), perubahan dimensi komponen, munculnya gejala fungsional, *Misalignment Pin*, dan dapat terjadi *seizure* Berdasarkan hasil dari analisis *Fishbone* di atas diperoleh berbagai faktor penyebab tersumbatnya lubang *nipple grease* dari segi metode, material, pengukuran hingga manusia. Untuk menentukan akar penyebab utama secara mendalam, diperlukannya analisis lanjutan menggunakan metode 5 *Whys*. Teknik 5 *Whys* adalah salah satu metode analisis akar penyebab yang paling sederhana namun efektif, yang didasarkan pada prinsip berulang kali mengajukan pertanyaan “mengapa” untuk mengeksplorasi akar penyebab suatu masalah secara mendalam. Teknik ini memungkinkan identifikasi mekanisme penyebab yang mendasari, bahkan jika akar penyebab awal tidak jelas. Analisis ini difokuskan pada masalah dengan prioritas tertinggi berdasarkan nilai RPN, yaitu tersumbatnya lubang *nipple grease*

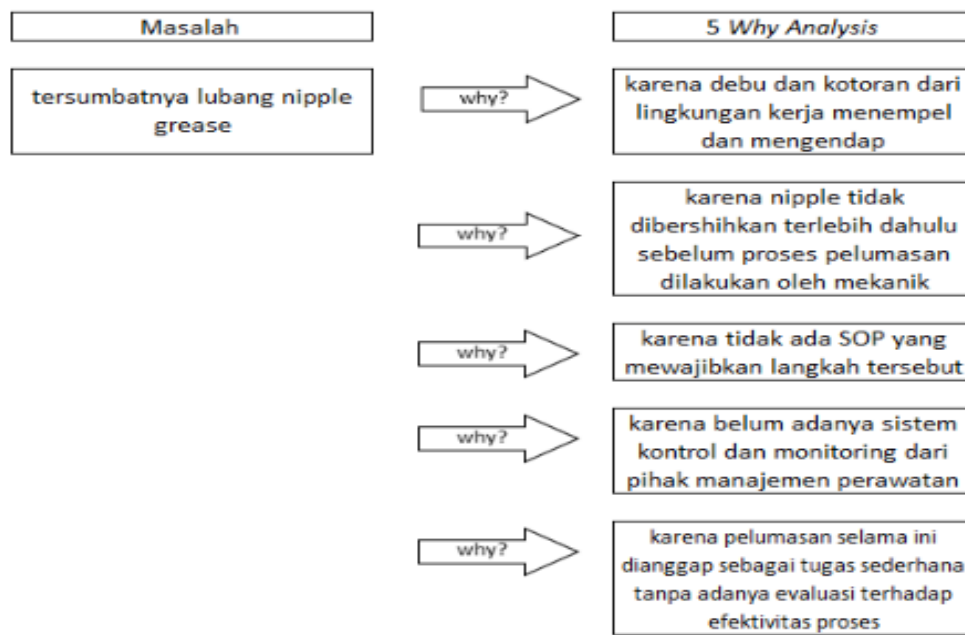


Diagram 3.2, 5 Whys

Berdasarkan analisis 5 Whys, penyumbatan pada lubang *nipple grease* disebabkan oleh tidak adanya sistem kontrol, monitoring, dan SOP terstruktur dalam manajemen perawatan yang mengatur detail teknis prosedur pelumasan sehingga pelumasan bergantung sepenuhnya pada kebiasaan individu mekanik tanpa standar baku maupun pengawasan, sehingga menjadi akar permasalahan utama dalam sistem *Maintenance*. Rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan cara:

1. Menyusun SOP pelumasan tertulis yang secara eksplisit mencantumkan langkah pembersihan *nipple* sebelum pelumasan
2. Membuat checklist inspeksi harian/berkala untuk melihat kondisi *nipple grease*
3. Mengadakan pelatihan/refreshment kompetensi mekanik terkait prosedur pelumasan yang benar
4. Menerapkan sistem pencatatan (*Record Maintenance*) untuk setiap aktivitas pelumasan
5. Melakukan pengawasan berkala oleh supervisor/PIC *Maintenance*

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan mengenai evaluasi keausan *Pin* dan *Bushing* pada *Reach Stacker* menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan RCA (*Root Cause Analysis*), dapat diambil kesimpulan bahwasanya penyebab dari kegagalan dengan RPN tertinggi adalah

- lubang *grease* tersumbat

dimana tidak dapat mengalirnya *grease* untuk menyentuh *Pin* dan *Bushing* yang akan menyebabkan *dry joint*, keausan abrasif, kelonggaran sambungan hingga terjadinya *seizure*, untuk mencegah terjadinya kejadian tersebut maka hal yang akan direkomendasikan kepada manajemen perawatan ialah

- Penyusunan SOP tertulis,
- Checklist inspeksi berkala,
- Pelatihan mekanik,
- Sistem pencatatan (*Record Maintenance*),
- Pengawasan berkala oleh supervisor/PIC *Maintenance*.

5. Daftar Pustaka

- [1] K. Hurieiev, V. Kibalenko, and C. V. S. Ferrari, "Build Master Class 2024," *Build Master Cl. 2024*, vol. 1, no. November, pp. 311–312, 2024, doi: 10.59647/978-617-520-936-3/1.
- [2] S. S. A. Rahmani, P. A. Setiawan, and ..., "Evaluasi Kegagalan Komponen Reach Stacker Berbasis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Diagram Pareto," *Conf. Saf. ...*, no. 2581, 2023, [Online]. Available: <https://journal.ppns.ac.id/index.php/seminarK3PPNS/article/view/1770%0Ahttps://journal.ppns.ac.id/index.php/seminarK3PPNS/article/download/1770/1430>
- [3] P. Indonesia, I. V Persero, and C. Kendari, "PISTON : Jurnal Teknologi," vol. 7, no. 1, pp. 11–20, 2022.
- [4] I. Celik, A. T. Şensoy, and S. B. Sezer, "Evaluation of Lubricant Selection and Lubrication Intervals for Pin–Bushing Bearings Operating Under High-Temperature Conditions in Heavy-Duty Construction Machinery," *Lubricants*, vol. 14, no. 4, pp. 1–15, 2026, doi: 10.3390/lubricants14040179.
- [5] Z. Bai, Z. Ning, and J. Zhou, "Study on Wear Characteristics of Revolute Clearance Joints in Mechanical Systems," *Micromachines*, vol. 13, no. 7, pp. 1–16, 2022, doi: 10.3390/mi13071018.
- [6] Y. Li, P. Schreiber, J. Schneider, and C. Greiner, "Tribological mechanisms of slurry abrasive wear," *Friction*, vol. 11, no. 6, pp. 1079–1093, 2023, doi: 10.1007/s40544-022-0654-1.
- [7] R. Januszewski, V. Brizmer, and A. Kadiric, "Effect of Lubricant Properties and Contact Conditions on False Brinelling Damage," *Tribol. Trans.*, vol. 66, no. 2, pp. 350–363, 2023, doi: 10.1080/10402004.2023.2183915.
- [8] G. R. Putri, K. Nadiyah, N. Rishelin, M. I. Senjawati, and F. Apriansah, "Optimalisasi Kinerja Mesin Intasept Melalui Analisis FMEA dan Diagram Fishbone untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi di Perusahaan Pengolahan Kelapa," *J. PASTI (Penelitian dan Apl. Sist. dan Tek. Ind.)*, vol. 19, no. 1, p. 94, 2025, doi: 10.22441/pasti.2025.v19i1.008.
- [9] G. Eskigölek, "Uncovering the Root Causes of Failures in Construction Projects with 5 Whys," vol. 10, no. 1, pp. 65–85, 2026.