

Analisis Kegagalan Mesin *Sea Water Pump* Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) di PT Kaltim Parna Industri

Zaky Zidan¹, Yudi Sukmono²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas Mulawarman, Jalan Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: ¹zakyzidan1804@gmail.com, ²y.sukmono@ft.unmul.ac.id

(artikel diterima: 09-06-2025, artikel disetujui: 24-02-2026)

Abstrak

Penelitian yang dilakukan di PT Kaltim Parna industri memiliki tujuan, yaitu dapat memahami dan menganalisis kerusakan atau kegagalan pada *sea water pump* yang menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengetahui penyebab kegagalan komponen tersebut. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan, penyebab kegagalan, dampak dari kegagalan yang ditimbulkan, dan penentuan prioritas perbaikan yang akan dilakukan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai *Risk Priority Number* (RPN) diperoleh dari nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang dikumpulkan melalui kuesioner yang diisi oleh *reliability engineer* PT Kaltim Parna Industri. Berdasarkan data tersebut, diperoleh tiga nilai RPN tertinggi yang akan menjadi prioritas perbaikan pada komponen *sea water pump*, yaitu motor penggerak dengan nilai RPN 108, *bearing* dengan nilai RPN 80, dan *valve* dengan nilai RPN 72. Kemudian, dilakukan analisis *root cause* untuk mencari akar permasalahan dari kerusakan yang ditimbulkan pada *sea water pump* menggunakan diagram *fishbone*. Diperoleh akar permasalahan yang mengakibatkan kerusakan pada komponen, seperti korosi yang diakibatkan air laut, pelumasan yang kurang, dan prosedur perawatan yang tidak sesuai. Selanjutnya, dapat diusulkan perbaikan agar dapat mengurangi potensi kegagalan, seperti menggunakan material yang tahan korosi, melakukan pelumasan secara berkala, dan melakukan pemantauan kondisi mesin secara *real time*.

Kata kunci: Diagram *Fishbone*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), Perawatan Mesin, *Risk Priority Number*, *Sea Water Pump*

Abstract

This research analyzes damage and failure in the seawater pump at PT Kaltim Parna Industri using the *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) method to identify failure modes, their causes, impacts, and improvement priorities based on the *Risk Priority Number* (RPN). The RPN values were determined from severity, occurrence, and detection assessments obtained through questionnaires completed by the company's reliability engineer. The results show that the components with the highest RPN values are the drive motor is 108, bearings is 80, and valves is 72, making them the top priorities for corrective action. A root cause analysis using a fishbone diagram revealed that the main causes of failure include seawater-induced corrosion, insufficient lubrication, and improper maintenance procedures. Based on these findings, improvements such as using corrosion-resistant materials, implementing regular lubrication practices, and applying real-time condition monitoring are recommended to reduce failure risk, minimize downtime, and enhance the reliability of the seawater pump system.

Keywords: *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fishbone Diagram*, *Machine Maintenance*, *Risk Priority Number*, *Sea Water Pump*

1. PENDAHULUAN

Menurut Pasaribu dkk. (2021), *maintenance* dapat diartikan sebagai serangkaian aktivitas yang bertujuan untuk merawat, menjaga, dan memastikan fasilitas serta peralatan pabrik tetap berfungsi dengan baik. Kegiatan ini mencakup perbaikan, penyesuaian, maupun penggantian komponen yang diperlukan agar proses produksi dapat berjalan secara optimal sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan.

Menurut Sudrajat (2011) dalam Nuryanneti dkk. (2013), berbagai kebijakan dalam sistem perawatan mesin dan peralatan dapat dikategorikan ke dalam beberapa bentuk yang masing-masing

memiliki tujuan dan metode pelaksanaan yang berbeda. Berikut adalah jenis-jenis kebijakan perawatan yang umum diterapkan.

1. *Preventive Maintenance*

Perawatan ini dilakukan sebelum terjadi kerusakan untuk mencegah gangguan tak terduga dan memastikan kesiapan operasional mesin, terutama dalam situasi darurat.

2. *Breakdown Maintenance*

Mesin atau peralatan dibiarkan beroperasi hingga mengalami kerusakan total, kemudian diperbaiki atau diganti. Umumnya diterapkan pada peralatan dengan biaya perawatan tinggi atau dampak kerusakan yang minimal.

3. *Scheduled Maintenance*

Scheduled maintenance adalah perawatan yang dilakukan secara berkala dalam rentang waktu tertentu dengan tujuan untuk mencegah kerusakan sebelum terjadi.

4. *Predictive Maintenance*

Predictive maintenance merupakan strategi perawatan yang didasarkan pada kondisi aktual dari mesin dan peralatan. Pemantauan dan analisis data operasional digunakan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya kerusakan, sehingga tindakan perawatan dapat dilakukan pada waktu yang tepat.

5. *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance merupakan aktivitas perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan yang mengakibatkan terganggunya fungsi operasionalnya. Perbaikan atau penggantian komponen dilakukan agar mesin dapat kembali beroperasi dengan normal.

Menurut Bukhori dkk. (2022), salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis rencana penjadwalan perawatan mesin adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode ini merupakan pendekatan sistematis yang bertujuan untuk menentukan tindakan yang tepat agar aset fisik tetap beroperasi dalam kondisi optimal sesuai dengan kebutuhan pengguna. RCM berfokus pada penetapan tujuan perawatan guna memastikan bahwa mesin dapat berfungsi secara berkelanjutan dalam kondisi penggunaan normal.

Menurut Suherman dan Cahyana (2019) dalam Umam dan Widiastih (2024), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode sistematis yang digunakan untuk mengenali dan mencegah berbagai potensi kegagalan (*failure mode*) dalam suatu proses atau sistem. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya kegagalan serta mengelompokkannya berdasarkan tingkat dampak yang ditimbulkan. FMEA berperan dalam mengidentifikasi penyebab utama dari kegagalan dan mendukung pelaksanaan langkah-langkah pencegahan yang lebih efisien.

Menurut Simanungkalit (2023), pada metode FMEA, perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dilakukan untuk menentukan tingkat prioritas suatu kegagalan. Nilai RPN diperoleh dari hubungan antara tiga faktor utama, yaitu *severity* (keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (deteksi kegagalan). Nilai ini digunakan untuk mengukur tingkat risiko dan menetapkan tindakan perbaikan yang diperlukan. RPN dihitung menggunakan rumus berikut.

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

S : *Severity*

O : *Occurance*

D : *Detection*

Menurut Evendi dkk. (2024), setelah menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN), langkah selanjutnya adalah menganalisis jenis kegagalan dengan nilai RPN tertinggi untuk menentukan mana yang perlu mendapat perhatian lebih dulu dalam perbaikan. Selanjutnya, dibuat matriks prioritas risiko diidentifikasi berdasarkan hasil analisis FMEA guna mempermudah proses pengelompokan. Dari hasil analisis tersebut, diajukan beberapa langkah mitigasi, seperti revisi prosedur pemeliharaan, penyempurnaan desain komponen, atau pelatihan bagi operator untuk menurunkan kemungkinan

terjadinya kegagalan. Selanjutnya, dampak dari rekomendasi yang diberikan dievaluasi secara hipotetis untuk menilai sejauh mana pengaruhnya terhadap penurunan nilai RPN.

Menurut Sutiono dkk. (2022), pada saat merumuskan rekomendasi untuk keputusan perbaikan, penting untuk memperhatikan akar penyebab utama yang berpotensi menyebabkan kegagalan. Faktor dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi memiliki pengaruh terbesar dan dapat dijadikan dasar dalam menyusun langkah perbaikan. Akar penyebab yang paling signifikan diidentifikasi dari penyebab dengan nilai RPN tertinggi pada setiap jenis gangguan yang terjadi.

Menurut Maulana dkk. (2023), *fishbone* diagram adalah alat visual yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara suatu masalah dan penyebab-penyebabnya. Diagram ini disebut *fishbone* karena bentuknya menyerupai kerangka tulang ikan dimana bagian kepala mewakili masalah utama, sementara cabang-cabangnya menunjukkan faktor-faktor penyebab yang berkontribusi terhadap permasalahan tersebut. Diagram *fishbone* sering digunakan dalam proses analisis untuk menemukan akar penyebab suatu permasalahan dengan cara yang lebih sistematis.

Menurut Sularso dan Tahara (2000) dalam Ulum dkk. (2023), pompa sentrifugal adalah jenis pompa yang bekerja secara dinamis dengan prinsip dasar mengubah energi mekanik menjadi energi kinetik dan tekanan. Pompa ini digerakkan oleh motor yang mentransfer tenaganya ke poros pompa untuk memutar impeler. Saat *impeller* berputar, sudu-sudu pada *impeller* mendorong fluida yang menghasilkan gaya sentrifugal. Akibatnya, fluida terdorong dari pusat *impeller* menuju saluran di antara sudu-sudu dan keluar dengan kecepatan tinggi. Fluida yang keluar dari *impeller*, kemudian melewati saluran yang semakin melebar mengubah energi kecepatan menjadi energi tekanan.

Menurut Alifurrahman dkk. (2021), pompa sentrifugal secara keseluruhan dibuat dari material stainless steel yang dipadukan dengan 10% kandungan kromium, sehingga memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap korosi. Karakteristik ini sangat cocok untuk mengalirkan fluida seperti air laut yang bersifat sangat korosif. Beberapa bagian pompa yang menggunakan bahan *stainless steel* meliputi poros pompa, *impeller*, kopling, dan rumah poros.

Menurut Alifurrahman dkk. (2021), kerusakan yang umum terjadi pada pompa sentrifugal antara lain getaran berlebihan yang umumnya disebabkan oleh ausnya bearing akibat pelumasan yang tidak memadai. Selain itu, kerusakan pada poros juga bisa muncul akibat kerusakan bearing yang berlangsung terus-menerus karena kurangnya pelumasan, sehingga menyebabkan *misalignment* pada pompa. Ketidaksejajaran ini dapat merusak poros serta komponen lainnya. Kebocoran pada gland packing pun kerap terjadi yang disebabkan oleh *bearing* yang rusak saat pompa beroperasi secara terus-menerus, menghasilkan getaran tinggi yang memengaruhi putaran poros.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif yang digunakan untuk menganalisis secara komprehensif dari beberapa kemungkinan potensi kegagalan yang terjadi pada mesin *sea water pump* di PT Kaltim Parna Industri. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode utama yang digunakan dalam penelitian ini. Metode ini merupakan teknik yang digunakan untuk menganalisis berbagai potensi kegagalan yang akan ditimbulkan, menganalisis penyebab dari kegagalan, dan mengevaluasi dampak yang akan dihasilkan. Pengumpulan data dilakukan dengan dua cara, yaitu data primer dan data sekunder. Perolehan data primer, yaitu melakukan tanya jawab secara langsung dan pengisian kuesioner oleh *reliability engineer*. Data yang diperoleh mencakup skala *severity*, *occurrence*, dan *detection* terkait kegagalan proses pada *sea water pump*. Data sekunder diperoleh dari studi literatur, mencakup berbagai referensi seperti jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, artikel, dan sumber-sumber lainnya yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian yang sedang dilakukan. Pada pendekatan kuantitatif, digunakan untuk menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang akan menentukan prioritas perbaikan pada komponen mesin *sea water pump*. Selanjutnya, digunakan pendekatan kualitatif untuk menganalisis akar permasalahan sehingga mengakibatkan kerusakan pada komponen mesin *sea water pump*. Analisis tersebut bertujuan agar dapat dilakukan usulan perbaikan agar kerusakan pada mesin *sea water pump* yang ada pada PT Kaltim Parna Industri dapat diminimalisir.

2.1 Pengumpulan Data

Pada analisis kegagalan pada mesin *sea water pump* menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), data yang dikumpulkan mencakup tiga aspek utama *severity*, *occurrence*,

dan *detection*. *Severity* merupakan tahap awal dalam menilai risiko, yaitu dengan mengukur seberapa besar dampak atau pengaruh kegagalan terhadap hasil akhir proses. *Occurrence* menunjukkan seberapa besar kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan selama proses produksi berlangsung. Sementara itu, *detection* menggambarkan sejauh mana kemudahan dalam mendeteksi potensi risiko yang mungkin terjadi. Ketiga variabel ini saling berkaitan dan digunakan untuk menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN). Berikut adalah skala yang digunakan untuk masing-masing aspek *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

Tabel 1. Skala *Severity*

<i>Rating</i>	<i>Effect</i>	<i>Severity Effect</i>
10	Berbahaya Tanpa Peringatan	Kegagalan sistem yang menimbulkan dampak sangat kritis dan berbahaya
9	Berbahaya Dengan Peringatan	Kegagalan yang menyebabkan dampak berbahaya pada sistem
8	Sangat Tinggi	Sistem sepenuhnya tidak berfungsi
7	Tinggi	Sistem menyala namun tidak dapat dijalankan
6	Sedang	Sistem beroperasi dengan aman, tetapi performanya menurun dan memengaruhi hasil keluaran
5	Rendah	Kinerja sistem menurun secara perlahan
4	Sangat Rendah	Dampak kecil terhadap performa sistem
3	Kecil	Pengaruh ringan terhadap kinerja sistem
2	Sangat Kecil	Dampak sangat kecil dan dapat diabaikan terhadap sistem
1	Tidak Ada	Tidak menimbulkan dampak sama sekali

Tabel 2. Skala *Occurance*

<i>Rating</i>	<i>Effect</i>	<i>Occurance</i>
10 - 9	Sangat Tinggi	Kegagalan sering muncul
8 - 7	Tinggi	Kegagalan terjadi secara berulang
6 - 4	Sedang	Kegagalan terjadi sesekali
3 - 2	Rendah	Kemungkinan terjadinya kegagalan sangat rendah
1	Hampir Tidak Ada Efek	Kegagalan hampir tidak pernah terjadi

Tabel 3. Skala *Detection*

<i>Rating</i>	<i>Effect</i>	Kemungkinan Deteksi oleh Alat Pengontrol
10	Tidak Pasti	Pemeriksaan sama sekali tidak mampu mendeteksi penyebab kegagalan
9	Sangat Kecil	Kemungkinan pemeriksaan mendeteksi penyebab kegagalan sangat kecil sekali
8	Kecil	Peluang pemeriksaan untuk menemukan penyebab kegagalan tergolong kecil
7	Sangat Rendah	Pemeriksaan memiliki tingkat keberhasilan yang sangat rendah dalam mendeteksi penyebab kegagalan
6	Rendah	Pemeriksaan hanya memiliki peluang rendah dalam mendeteksi penyebab kegagalan
5	Sedang	Pemeriksaan memiliki kemampuan sedang dalam mengenali penyebab kegagalan
4	Menengah	Pemeriksaan cukup mampu mendeteksi penyebab kegagalan
3	Tinggi	Pemeriksaan memiliki kemampuan yang relatif tinggi dalam mendeteksi penyebab kegagalan
2	Sangat Tinggi	Pemeriksaan sangat mungkin untuk mendeteksi penyebab kegagalan
1	Hampir Pasti	Pemeriksaan hampir selalu berhasil mengidentifikasi penyebab kerusakan

2.2 Pengolahan Data

Pada penelitian ini, metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dimanfaatkan untuk mengidentifikasi serta merancang strategi perbaikan yang bertujuan mengurangi potensi kerugian

atau kegagalan pada mesin *sea water pump*. Data diperoleh melalui pengisian kuesioner oleh *reliability engineer* dari PT Kaltim Parna Industri yang mencakup skala *severity* (tingkat keparahan), *occurrence* (frekuensi kegagalan), dan *detection* (kemampuan mendeteksi kegagalan). Informasi ini digunakan sebagai dasar dalam evaluasi risiko dan penyusunan langkah-langkah perbaikan yang tepat guna meningkatkan keandalan mesin.

Tabel 4. *Failure mode and effect analysis*

No	Komponen	Kegagalan Proses	Efek Kegagalan	Penyebab Kegagalan	RPN	Rank
1	<i>Impeller</i>	<i>Impeller</i> rusak atau aus	Aliran air yang berkurang dan pompa tidak dapat bekerja secara optimal	Korosi yang diakibatkan air laut dan material yang tidak tahan korosi atau terdapat kavitasi	48	5
2	<i>Shaft</i>	Poros bengkok atau patah	Pompa yang bergetar, mengalami kobocoran dan tidak berfungsi	Berat beban berlebih, Terdapat ketidaksejajaran atau korosi	32	8
3	<i>Mechanical Seal</i>	Kebocoran pada <i>seal</i>	Mengalami kebocoran air laut dan berpotensi berdampak pada komponen lain	<i>Seal</i> mengalami aus, material tidak tahan korosi atau tekanan yang tinggi	60	4
4	<i>Bearing</i>	<i>Bearing</i> aus atau rusak	Pompa yang bergetar, suara sangat bising, dan mengalami kerusakan poros	Kurang pelumasan, kontaminasi air laut atau beban berlebihan	80	2
5	<i>Casing</i>	Retak atau Korosi	Mengalami kebocoran air laut dan penurunan efisiensi pompa	Material tidak tahan korosi, tekanan berlebihan, atau benturan fisik	36	7
6	Motor Penggerak	Motor tidak berfungsi	Pompa tidak bekerja, sistem pendinginan terganggu	Mengalami <i>overheating</i> , mengalami korsleting atau mengalami keausan pada komponen	108	1
7	<i>Strainer</i>	Saringan tersumbat	Aliran air menjadi terhambat dan penurunan performa pompa	Terdapat banyak kotoran atau biota laut yang menumpuk	48	6
8	<i>Valve</i>	Katup macet atau bocor	Aliran air yang tidak terkontrol, dan mengalami kebocoran pada <i>valve</i>	Mengalami korosi, kotoran atau keausan	72	3

Setelah data diperoleh skala *severity* (keparahan), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (deteksi kegagalan), langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Kemudian, didapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu motor tidak berfungsi, *bearing* aus atau rusak, dan *valve* macet atau bocor. Setelah diperoleh tiga nilai *Risk Priority Number* (RPN) dilakukan analisis pembahasan terkait kegagalan proses pada mesin *sea water pump*. Berikut ini merupakan analisis dan pembahasan sebagai berikut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang tercantum dalam tabel di atas, nilai *Risk Priority Number* (RPN) telah dihitung untuk masing-masing jenis kegagalan dalam proses menggunakan metode *Failure Mode*

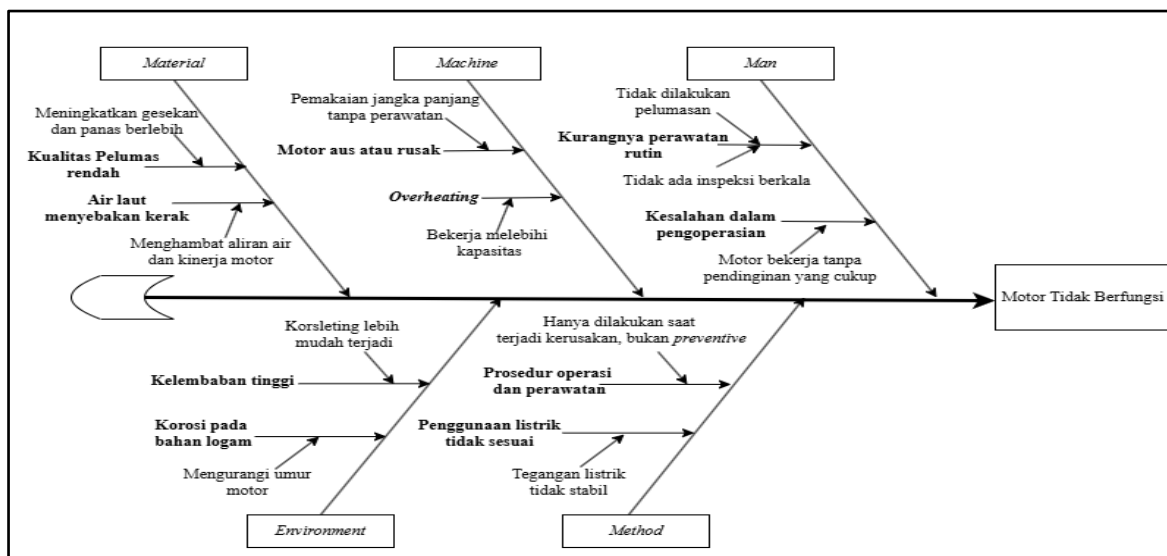
and Effect Analysis (FMEA). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terjadi pada motor yang tidak berfungsi dengan nilai 108, *bearing* yang aus atau rusak dengan nilai 80, serta *valve* yang macet atau bocor dengan nilai 72. Setelah mengidentifikasi kegagalan dengan prioritas tertinggi, tahap berikutnya adalah melakukan analisis mendalam untuk menemukan akar penyebab masalah. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan diagram *fishbone* yang membantu mengidentifikasi faktor-faktor utama penyebab kegagalan. Berdasarkan hasil tersebut, kemudian dirancang usulan perbaikan untuk mengatasi masalah pada setiap komponen yang berpotensi menyebabkan kegagalan, sehingga dapat meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem secara keseluruhan.

3.1 Analisis Root Cause Menggunakan Fishbone

Kerusakan pada setiap komponen mesin *sea water pump* dapat mengakibatkan kegagalan proses sehingga proses produksi menjadi terganggu. Tahap berikutnya adalah menganalisis berbagai faktor yang berkontribusi terhadap kerusakan pada mesin *sea water pump* dengan memanfaatkan diagram *fishbone*. Diagram ini berfungsi sebagai alat untuk memvisualisasikan serta mengidentifikasi berbagai penyebab utama, faktor pendukung, dan dampak yang ditimbulkan pada setiap komponen kritis yang berpotensi menimbulkan masalah pada mesin.

1. Fishbone Kerusakan Motor Pada Sea Water Pump

Kerusakan pada motor pada *sea water pump* dapat mengakibatkan mesin tidak dapat bekerja secara optimal. Berikut ini merupakan akar permasalahan pada kerusakan komponen motor menggunakan diagram *fishbone*.

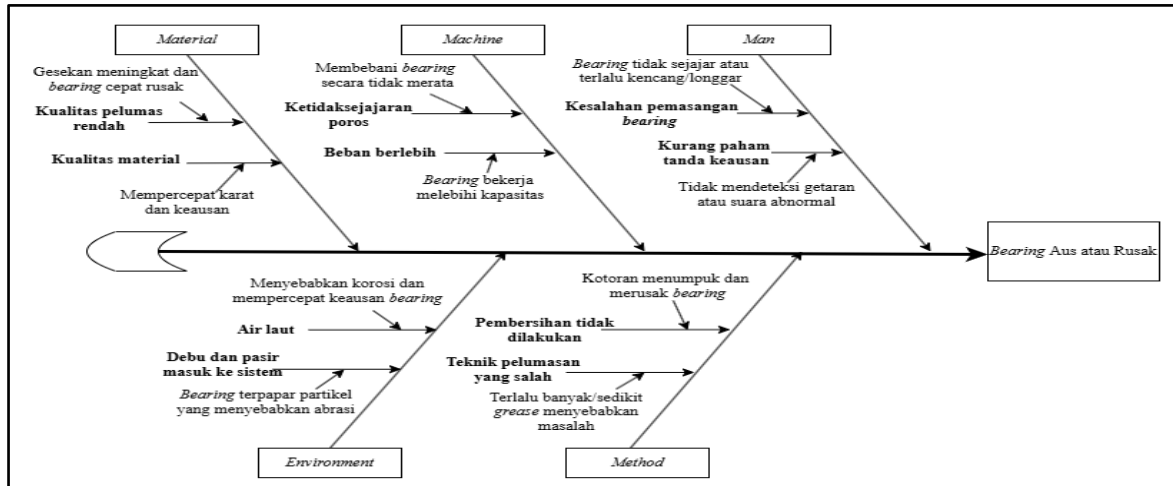


Gambar 1. Diagram *fishbone* motor tidak berfungsi

Seperti yang terlihat pada gambar di atas merupakan diagram *fishbone* yang digunakan untuk menganalisis akar permasalahan pada kegagalan komponen motor. Pada faktor *man*, operator mungkin tidak mengikuti prosedur standar, seperti menghidupkan motor tanpa memeriksa level air. Kemudian, tidak melakukan pembersihan, pelumasan, atau pengecekan rutin dapat menyebabkan keausan lebih cepat. Pada faktor *machine*, pompa dipaksa bekerja terlalu keras atau tanpa pendinginan yang cukup yang mengakibatkan motor mengalami panas berlebih. Kemudian, kabel yang terkena air laut bisa mengalami korosi dapat menyebabkan hubungan pendek atau terputusnya suplai listrik. Pada faktor *material*, pelumas yang jelek atau kering dapat menyebabkan gesekan dan panas berlebih. Pada faktor *method*, jika motor listrik menggunakan tegangan yang tidak stabil atau bahan bakar berkualitas buruk dapat merusak komponen internal. Pada faktor *environment*, garam air laut mempercepat korosi pada motor dan sistem kelistrikan. Kemudian, udara yang lembab bisa menyebabkan korsleting atau oksidasi pada kabel dan konektor listrik

2. Fishbone Kerusakan Bearing Pada Sea Water Pump

Kerusakan pada *bearing* pada *sea water pump* dapat mengakibatkan pompa tidak dapat bekerja secara optimal. Berikut ini merupakan akar permasalahan pada kerusakan komponen *bearing* menggunakan diagram *fishbone*.

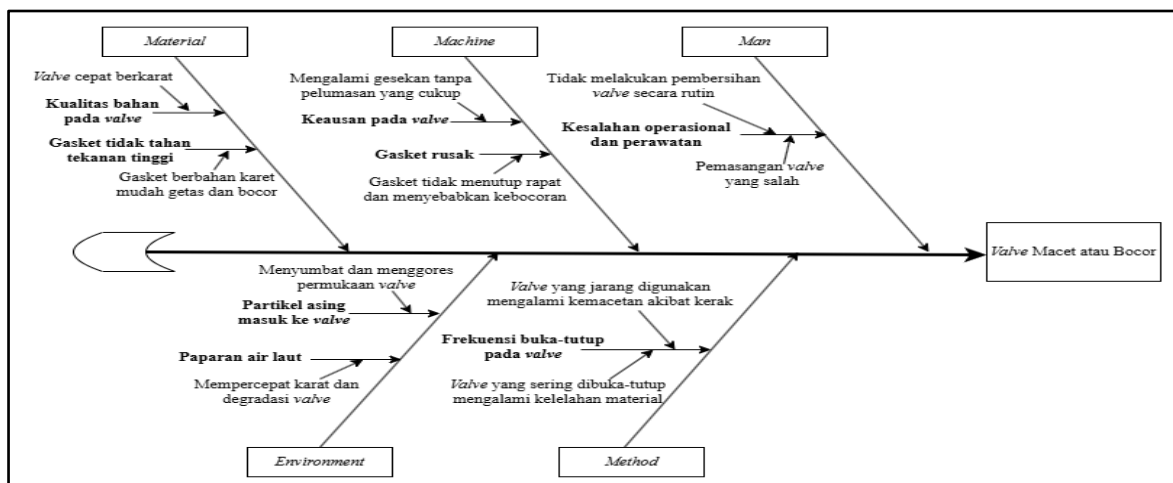


Gambar 2. Diagram *fishbone* bearing aus atau rusak

Seperti yang terlihat pada gambar di atas diagram *fishbone* yang digunakan untuk menganalisis akar permasalahan pada kegagalan komponen *bearing*. Pada faktor *man*, pemasangan *bearing* terlalu kencang atau longgar membuat *bearing* cepat rusak. Kemudian, suara kasar atau getaran dibiarkan tanpa tindakan perbaikan. Pada faktor *machine*, *bearing* mendapat tekanan tidak merata dan mempercepat keausan. Kemudian, pompa bekerja melebihi kapasitas sehingga meningkatkan tekanan pada *bearing*. Pada faktor *material*, pelumas yang terkontaminasi air laut menyebabkan *bearing* cepat berkarat. Kemudian, *bearing* berbahan baja biasa tidak tahan terhadap lingkungan laut. Pada faktor *method*, pembersihan yang tidak dilakukan dapat menyebabkan kotoran menumpuk dan mempercepat kerusakan. Kemudian, pelumas yang terlalu banyak bisa menyebabkan panas berlebih dan tekanan berlebih pada *bearing*. Pada faktor *environment*, garam dalam air laut mempercepat karat dan merusak *grease*. Kemudian, partikel abrasif dapat mempercepat keausan *bearing*.

3. Fishbone Kerusakan Valve Pada Sea Water Pump

Kerusakan pada *valve* pada *sea water pump* dapat mengakibatkan pompa tidak dapat bekerja secara optimal. Berikut ini merupakan akar permasalahan pada kerusakan komponen *valve* menggunakan diagram *fishbone*.



Gambar 3. Diagram *fishbone* valve macet atau bocor

Seperti yang terlihat pada di atas merupakan diagram *fishbone* yang digunakan untuk menganalisis akar permasalahan pada kegagalan komponen *valve*. Pada faktor *man*, *valve* dipasang dengan posisi yang tidak sesuai dapat menyebabkan aliran tidak lancar. Kemudian, tidak melakukan pembersihan *valve* secara rutin dan teratur. Pada faktor *machine*, *valve* mengalami gesekan terus-menerus tanpa pelumasan yang cukup. Kemudian, gasket yang sudah aus tidak mampu menutup dengan rapat dapat menyebabkan aliran bocor. Pada faktor material, *valve* berbahan besi biasa lebih cepat berkarat jika terpapar air laut. Kemudian, gasket berbahan karet biasa mudah getas dan bocor dalam jangka waktu lama. Pada faktor *method*, *valve* yang jarang digunakan bisa mengalami kemacetan akibat kerak, sedangkan *valve* yang terlalu sering dibuka tutup bisa mengalami kelelahan material. Pada faktor *environment*, air laut mengandung garam yang dapat mempercepat karat dan degradasi *valve*. Kemudian, Pasir atau lumpur dapat menyumbat atau menggores permukaan *valve*.

3.2 Usulan Perbaikan Permasalahan

Berdasarkan diagram *fishbone* yang telah dibuat dapat diidentifikasi berbagai faktor yang menjadi penyebab utama kegagalan pada mesin *sea water pump*. Setelah melakukan analisis terhadap akar permasalahan, langkah selanjutnya adalah merancang usulan perbaikan yang difokuskan pada setiap komponen kritis yang berpotensi menyebabkan kerusakan. Usulan perbaikan ini bertujuan untuk mengurangi risiko kegagalan, meningkatkan keandalan mesin, serta memastikan sistem dapat beroperasi dengan lebih stabil dan efisien dalam jangka panjang.

Tabel 5. Usulan perbaikan

Komponen Pada Pompa	Usulan Perbaikan
Motor	- Memastikan beban pompa tidak melebihi kapasitas motor yang telah ditentukan. Menggunakan <i>power meter</i> untuk memantau konsumsi daya secara <i>real time</i>. - Menerapkan <i>soft starter</i> atau <i>inverter</i> untuk meminimalisir lonjakan arus listrik saat motor dinyalakan yang dapat mengurangi risiko <i>overheating</i> dan keausan motor - Menggunakan <i>stabilizer</i> atau UPS (<i>Uninterruptable Power Supply</i>) untuk memastikan tegangan listrik tetap stabil dan mencegah lonjakan atau penurunan tegangan yang dapat merusak motor. - Melindungi kabel motor dengan pelindung tahan air dan memastikan kabel dipasang dengan penyambungan yang aman dan terisolasi dengan baik. - Memeriksa kondisi kabel secara berkala untuk mendeteksi tanda-tanda aus atau korosi. Jika kabel rusak atau terkelupas, lakukan perbaikan atau penggantian kabel. - Memasang filter tegangan tinggi untuk mencegah gangguan listrik dari sumber luar. - Menggunakan <i>vibration sensor</i> dan <i>temperature sensor</i> untuk mendeteksi suhu atau getaran yang bisa menandakan masalah pada motor sebelum kerusakan besar terjadi.
Bearing	- Menggunakan <i>grease</i> atau oli khusus tahan ait laut dengan viskositas yang sesuai, seperti <i>grease</i> berbahan dasar lithium complex yang memiliki ketahanan terhadap kelembaban air laut. - Menerapkan sistem pelumasan otomatis menggunakan <i>automated lubrication system</i> untuk mendistribusikan pelumas secara konsisten ke <i>bearing</i>. - Memastikan pelumasan dilakukan pada interval yang tepat sesuai rekomendasi pabrikan dan disesuaikan dengan kondisi pompa. - Menggunakan bearing dengan seal ganda (<i>double seals</i>) yang dapat melindungi dari partikel asing, air laut, dan kotoran lainnya. - Menggunakan alat laser <i>alignment</i> untuk memastikan poros dan <i>bearing</i> terpasang sejajar dengan akurat, menghindari ketidakseimbangan yang dapat mempercepat keausan <i>bearing</i>.

	6. Mengganti <i>bearing</i> secara preventif sebelum mencapai kondisi kritis dengan mempertimbangkan umur pakai <i>bearing</i> yang direkomendasikan oleh pabrikannya. 7. Melakukan inspeksi visual dan pemeriksaan getaran pada <i>bearing</i> secara berkala untuk mendeteksi tanda keausan atau kerusakan.
Valve	1. Menggunakan <i>valve</i> berbahan <i>stainless steel 316</i> atau <i>alloy titanium</i> yang lebih tahan terhadap korosi dan pembentukan kerak akibat paparan air laut. 2. Memasang <i>filter</i> atau <i>strainer</i> di inlet pompa untuk menghalangi partikel kasar dan kotoran dari masuk ke <i>valve</i> dan sistem pompa. 3. Rutin membersihkan <i>valve</i> menggunakan air tawar untuk menghilangkan endapan garam atau kotoran yang bisa mengganggu kinerja <i>valve</i> . 4. Melakukan pengecekan kondisi <i>seal</i> dan <i>gasket</i> secara rutin dan lakukan penggantian jika mulai aus atau rusak. 5. Memastikan <i>seal</i> dan <i>gasket</i> terpasang dengan benar dan rapat agar tidak terjadi kebocoran fluida. 6. Menggunakan sensor tekanan dan <i>flow meter</i> untuk memonitor aliran dan tekanan pada <i>valve</i> untuk mendeteksi potensi masalah lebih awal. 7. Menggunakan <i>automated control valve</i> untuk mengatur pembukaan dan penutupan <i>valve</i> dengan tepat, menghindari kerusakan akibat pembukaan atau penutupan yang terlalu cepat. 8. Menyesuaikan operasi <i>valve</i> dengan aliran pompa dan menghindari pembukaan atau penutupan <i>valve</i> secara ekstrem yang bisa mempercepat keausan.

4. KESIMPULAN

Analisis kegagalan mesin *sea water pump* pada PT Kaltim Parna Industri menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) didapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu pada kegagalan proses motor yang tidak berfungsi dengan nilai 108, *bearing* aus atau rusak dengan nilai 80, dan *valve* macet atau bocor dengan nilai 72. Kemudian, dilakukan analisis *root cause* menggunakan diagram *fishbone* untuk mengetahui akar permasalahan, yaitu pada *man* kurangnya pemahaman terkait pengoperasian mesin, pada *machine* mengalami panas berlebih, pada material tidak tahan terhadap korosi, pada *method* prosedur perawatan kurang optimal, dan pada *environment* area kerja yang menyebabkan korosi. Setelah itu, diberikan usulan perbaikan pada masing-masing faktor penyebab kegagalan sehingga kegagalan proses pada mesin tidak terjadi lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Kaltim Parna Industri beserta pembimbing PKL pada perusahaan dan seluruh *staff* yang terlibat dan tak terkecuali kepada seluruh Dosen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Serta Orang Tua penulis, Bapak Humam Sobari dan Ibu Erni Yusnita dan teman-teman Teknik Industri Angkatan 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifurrahman, Hamdani, Z., Dinar, D. D., Menhendry, dan Yetri, Y., 2021, Perawatan dan Perbaikan Pompa Sentrifugal 800LC-38A untuk Sirkulasi Air Pendingin pada PLTU, *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Manufaktur*, Vol. 3, pp. 23-34.
- Bukhori, A. A., Herlambang, A., Rezaldy, T., 2022, Analisa Penjadwalan Perawatan Mesin Produksi dengan Metode Reliability Centered Maitenance (RCM) pada PT. Rubber Hock Lie, *SAFARI: Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, Vol. 2, pp. 119-131.
- Evendi, A. I., Hidayutallah, A. R., Ningtyas, P. H. A., 2024, Analisis Efek Kegagalan pada Performa Circulating Water Pump Berbasis FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), *Engineering in Green Machinery*, Vol. 1, pp. 18-27.
- Maulana, A., Rosidi, Yusyama, Y. A., 2023, Penerapan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada Studi Kasus Kerusakan Bearing pada Pompa Air Sentrifugal Fwp 41 Sse Di PT XYZ, *Prosiding A Semnas PNJ*, pp. 549-558.

- Nuryanneti, I., Sadewo, P. S., Erwin, 2023, Analisis Waktu Maintenance Terhadap Efektivitas Kerja Wheel Loader WA-200 Pabrik Briket Tanjung Enim, *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, Vol. 1, pp. 29-33.
- Pasaribu, I. M., Ritonga, A. A. D., Irwan, A., 2021, Analisis Perawatan (Maintenance) Mesin Screw Press di Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. XYZ, *JITEKH*, Vol. 9, pp. 104-110.
- Simanungkalit, M. R., Suliawati, Hernawati, T., 2023, Analisis Penerapan Sistem Perawatan dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Cement Mill Type Tube Mill di PT Cemindo Gemilang Medan, *Jurnal Teknik*, Vol. 2, pp. 72-83.
- Sutiono, F. I., Widiyaningrum, D., Andesta, D., 2022, Analisis Pengendalian Kualitas Pagar di UD. Moeljaya Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 17, pp. 13-24.
- Ulum, M. B., Rarindro, H., Wicaksono, H., Dani, A., 2023, Metode RCM untuk Meningkatkan Kualitas perawatan Pompa Sentrifugal, *Jurnal Teknologi*, Vol. 17, pp. 13-20.
- Umam, S., & Widiasih, W., 2024, Penjadwalan Perawatan Mesin Grading Plant II di PT Keramik Diamond Industries Gresik dengan Metode RCM, *Jurnal Tekstil*, Vol. 7, pp. 47-58.