

PENERAPAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* UNTUK PEMELIHARAAN KOMPONEN KRITIS MESIN SWD TIPE 6TM 410 RR PADA PT. XYZ

(IMPLEMENTATION OF *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* METHOD FOR MAINTENANCE OF CRITICAL COMPONENTS OF SWD TYPE 6TM 410 RR ENGINE AT PT. XYZ)

Sangkulana Hitimala^{1,*}, Billy J. Camerling¹, Mentari Rasyid¹

¹ Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

* E-mail: sangkulanahitimala@gmail.com

ABSTRAK

Energi listrik merupakan salah satu sumber daya terpenting bagi pertumbuhan manusia, pemeliharaan Mesin SWD yang dilakukan selama ini oleh perusahaan bersifat preventive maintenance. Diketahui bahwa mesin SWD unit 2 terdapat kerusakan pada beberapa komponen yaitu, piston, connecting rod, crankshaft, katup pengatur oli, bearing, cylinder head dan piston pin. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui komponen kritis penyebab kerusakan mesin SWD unit 2 dan mengetahui penyebab kegagalan faktor penyebabnya kegagalan mesin SWD unit 2, dan melakukan rekomendasi perbaikan komponen. Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) merupakan metode yang sistematis dan terstruktur untuk menganalisis serta mengidentifikasi penyebab kegagalan dalam sistem atau proses. Hasil penelitian menunjukkan nilai RPN nya yang sangat tinggi dengan urutan tiap komponen yaitu, cylinder head nilai RPN sebesar 210, piston nilai RPN sebesar 150, katup pengatur oli nilai RPN sebesar 144, dan connecting rod nilai RPN sebesar 120. Faktor Penyebab kerusakan pada komponen kritis cylinder head, piston, katup pengatur oli, dan connecting rod mesin diesel SWD unit 2, bahwa kerusakan disebabkan oleh faktor manusia, mesin, dan material.

Kata Kunci: Pemeliharaan Komponen Mesin

ABSTRAK

Electrical energy is one of the most important resources for human growth, the maintenance of SWD machines carried out so far by the company is preventive maintenance. It is known that the SWD unit 2 machine has damage to several components, namely, piston, connecting rod, crankshaft, oil control valve, bearing, cylinder head and piston pin. The purpose of this study is to determine the critical components that cause damage to the SWD unit 2 machine and to find out the causes of failure factors that cause failure of the SWD unit 2 machine, and to make recommendations for component repairs. Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) is a systematic and structured method for analyzing and identifying the causes of failure in a system or process. The results of the study show a very high RPN value with the order of each component, namely, cylinder head RPN value of 210, piston RPN value of 150, oil control valve RPN value of 144, and connecting rod RPN value of 120. Factors causing damage to critical components of the cylinder head, piston, oil control valve, and connecting rod of the SWD unit 2 diesel engine, that the damage is caused by human, machine, and material factors.

Keywords: Machine Component Maintenance.

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu sumber daya terpenting bagi pertumbuhan populasi manusia saat ini, sistem pemeliharaan mesin SWD yang dilakukan selama ini oleh perusahaan bersifat *preventive maintenance*, dimana pemeliharaan dilakukan sebelum terjadi kerusakan. Diketahui bahwa mesin SWD memiliki beberapa komponen yang memerlukan perawatan, yang sangat berpengaruh terhadap proses beroperasinya mesin.

Ketika mesin mengalami kerusakan pada beberapa komponen yaitu, piston, *connecting rod*, *crankshaft*, katup pengatur oli, *bearing*, *cylinder head*, dan piston pin maka proses kerja mesin tidak berjalan dengan baik karena mesin mengalami gangguan sehingga perusahaan tidak dapat melakukan mesin itu beroperasi. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dimana metode ini berfungsi untuk mengetahui angka kerusakan terbesar komponen dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) merupakan metode penilaian risiko yang sangat efektif. Metode ini mengevaluasi kemungkinan risiko yang dapat terjadi pada tahap desain, produksi, dan pelayanan suatu perusahaan, dan membantu mengurangi atau bahkan menghilangkan risiko-risiko tersebut. FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi risiko sebelumnya guna mengambil langkah-langkah pencegahan yang diperlukan. Hal ini mendorong terwujudnya tujuan meningkatkan daya saing perusahaan. Selain itu, risiko minimum dapat mengurangi biaya kegagalan, meningkatkan kualitas, serta kehandalan suatu produk atau layanan (Dewi & Yuamita 2022).

Tujuan Penggunaan FMEA adalah menentukan tindakan untuk menghilangkan atau mengurangi resiko bahaya terutama untuk prioritas resiko tertinggi. Cara menentukan tingkat prioritas kegagalan mesin dengan menentukan nilai *severity rating*, *occurrence rating* dan *detection rating* sehingga bisa menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk komponen mesin dengan tingkat prioritas tertinggi (Prasmoro, 2020).

FMEA adalah salah satu inisiatif untuk meningkatkan dan mengendalikan kualitas yang bertujuan mencegah kegagalan dalam produk atau proses. Metode ini melibatkan serangkaian petunjuk, proses, dan formulir untuk mengidentifikasi serta memberikan prioritas pada masalah-masalah potensial atau kegagalan yang mungkin terjadi. FMEA dapat digunakan untuk melakukan identifikasi terhadap potensi risiko kegagalan pada suatu produk atau proses.

Secara umum, proses ini mencakup beberapa langkah yang dapat dijalankan secara sistematis.

- 1 Menentukan *Severity*, merupakan identifikasi potensi kegagalan (keseriusan permasalahan/tingkat keparahan) pada setiap proses.
- 2 Menentukan *Occurrence*, merupakan identifikasi skala probabilitas terjadinya kegagalan suatu permasalahan terjadi.
- 3 Menentukan *Detection*, merupakan skala yang memeringkatkan kemungkinan dari masalah akan di deteksi sebelum sampai ketangan pengguna akhir atau konsumen.

Setelah pemberian rating dilakukan, selanjutnya menghitung RPN (*Risk Priority Number*) = *Severity x Occurrence x Detection*.

Failure Mode and Analysis (FMEA) adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode berupa tabel untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA adalah sebuah teknik menganalisa yang mengkombinasikan antara teknologi dan pengalaman dari orang dalam mengidentifikasi penyebab kegagalan dari produk atau proses dan perencanaan untuk menghilangkan penyebab kegagalannya. FMEA dikatakan sebagai tindakan karena FMEA berusaha untuk mengeliminasi dan mengurangi kemungkinan gagal dari penyebab, sehingga mencegah kegagalan yang tidak terulang lagi di masa mendatang. Hasil dari nilai RPN menunjukkan keseriusan dari potensial *failure*, semakin tinggi nilai RPN maka menunjukkan semakin bermasalah (Amalia et al. 2022).

Diagram Pareto merupakan kombinasi diagram batang dan garis yang memvisualisasikan perbandingan antara setiap jenis data dengan total keseluruhan. Dengan memanfaatkan diagram Pareto, kita dapat dengan jelas mengidentifikasi masalah yang paling mendominasi, memungkinkan kita menetapkan prioritas dalam upaya penyelesaiannya. Tujuan utama dari diagram Pareto adalah mengenali dan menyaring masalah utama dalam peningkatan kualitas, mengurutkannya dari yang paling signifikan hingga yang lebih kecil (Supiandi, et al 2021).

Fishbone Diagram adalah metode yang digunakan untuk membantu dalam memecahkan masalah dengan menganalisis sebab dan akibat dari suatu kondisi atau keadaan. Metode ini diwujudkan dalam bentuk diagram yang menyerupai tulang ikan. Diagram ini membantu mengidentifikasi akar atau penyebab permasalahan, baik itu terkait dengan kegagalan dalam sistem kerja mesin atau manajemen kerja (Saori et al. 2021).

3. METODE PENELITIAN

Tempat penelitian yang di pilih pada PT XYZ, Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang akan digunakan untuk menjadi objek penelitian. Variabel penelitian meliputi variabel terikat (y) dan variabel bebas (x). Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengamatan langsung di perusahaan yang menjadi objek penelitian yaitu, observasi, wawancara dan kuesioner.

Metode analisis data dari hasil wawancara, observasi dan kuesioner tersebut diolah menggunakan metode (FMEA). Dengan melihat analisis FMEA, dapat diketahui penyebab potensial yang memerlukan tindakan perbaikan. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) didapat dari hasil perkalian nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*, kemudian dari hasil nilai tertinggi akan menjadi acuan untuk usulan tindakan perbaikan RPN tertinggi. Hasil dari RPN dilakukan analisis menggunakan diagram pareto sehingga dapat ditentukan komponen kritis dari mesin kemudian menjadi acuan tindakan perbaikan. Setelah itu *Fishbone* diagram dilakukan untuk analisis lebih terperinci dalam menemukan akar dari penyebab kerusakan mesin.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Penentuan RPN dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Tabel 1 berikut ini merupakan data yang di peroleh dari responden dengan kuesioner untuk menentukan RPN dengan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Tabel 1. Nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* dari Responden

No	Efek Potensi Kegagalan	<i>Severity</i> (Skor)	<i>Occurrence</i> (Skor)	<i>Detection</i> (Skor)
1	Pembakaran tidak sempurna	5	6	5
2	Kinerja mesin tidak bisa berjalan maksimal	5	3	8
3	Tenaga mesin berkurang	6	6	2
4	Sistem pelumasan tidak berjalan normal	8	3	6
5	Terjadi gesekan	7	3	3
6	Kinerja mesin menurun	5	6	7
7	Piston tidak bergerak secara optimal	3	3	5

$$RPN = \text{Severity (S)} \times \text{Occurrence (O)} \times \text{Detection (D)}$$

$$\text{Piston: } 5 \times 6 \times 5 = 150$$

Dari 7 komponen yang dideteksi, terdapat 4 komponen yang akan dianalisis, karena memiliki nilai RPN nya yang sangat tinggi. Empat komponen ini sering mengalami kegagalan atau kerusakan yang dapat dilihat dari Tabel 2. Nilai RPN yang semakin tinggi akan menunjukkan bahwa tingkat resiko yang dapat ditimbulkan masuk di dalam kategori tertinggi, artinya jika terjadi kerusakan dapat mengakibatkan dampak yang besar, kemudian sulit untuk mendeteksi secara potensi resiko tersebut. Tabel 3 menunjukkan komponen kritis yang ditinjau.

Tabel 2. Hasil Penentuan RPN dengan FMEA

No	Komponen	Potensi Kegagalan	Efek Potensi Kegagalan	S	O	D	RPN
1	Piston	Rusak	Pembakaran tidak sempurna	5	6	5	150
2	Connecting Rod	Rusak	Kinerja mesin tidak bisa berjalan maksimal	5	3	8	120
3	Crankshaft	Aus	Tenaga mesin berkurang	6	6	2	72
4	Katup Pengatur Oli	Rusak	Sistem pelumasan tidak berjalan normal	8	3	6	144
5	Bearing	Berkarat	Terjadi gesekan	7	3	3	63
6	Cylinder Head	Rusak	Kinerja mesin menurun	5	6	7	210
7	Piston Pin	Rusak	Piston tidak bergerak secara optimal	3	3	5	45

Tabel 3. Komponen Kritis

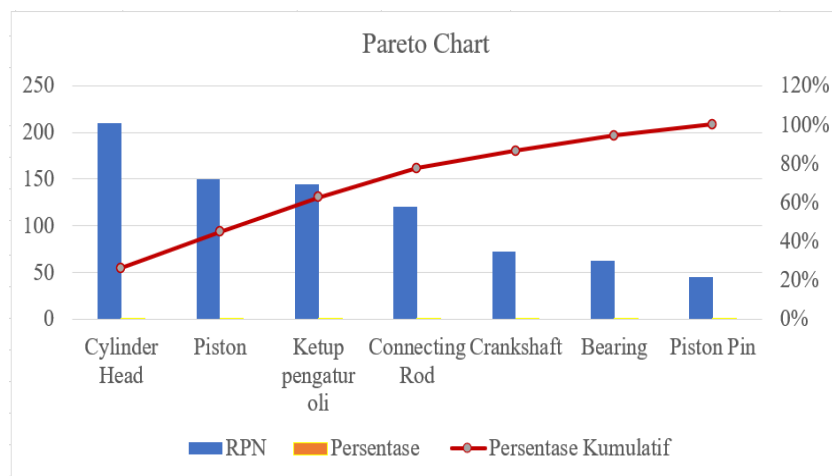
No	Komponen	Potensi Kegagalan	Efek Potensi Kegagalan	S	O	D	RPN
1	Cylinder Head	Rusak	Kinerja mesin menurun	5	6	7	210
2	Piston	Rusak	Pembakaran Tidak Sempurna	5	6	5	150
3	Katup Pengatur Oli	Rusak	Sistem pelumasan tidak berjalan normal	8	3	6	144
4	Connecting Rod	Rusak	Kinerja mesin tidak bisa berjalan maksimal	5	3	8	120

b. Diagram Pareto

Tabel 4 merupakan hasil perhitungan persentase dan persentase kumulatif untuk membuat diagram pareto, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 4. Perhitungan Persentase Dan Persentase Kumulatif

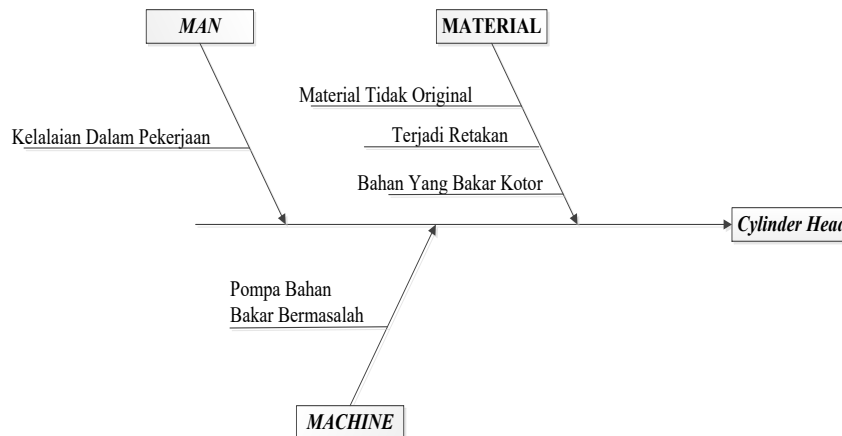
No	Komponen	RPN	Persentase	Persentase Kumulatif
1	Cylinder Head	210	26.12%	26.12%
2	Piston	150	18.66%	44.78%
3	Katup pengatur oli	144	17.91%	62.69%
4	Connecting Rod	120	14.93%	77.61%
5	Crankshaft	72	8.96%	86.57%
6	Bearing	63	7.84%	94.40%
7	Piston Pin	45	5.60%	100.00%
Total		804	100.00%	



Gambar 1. Diagram Pareto

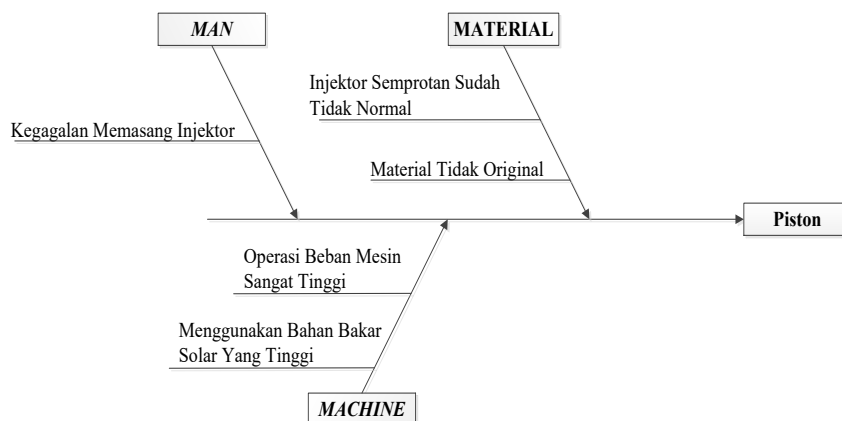
c. Fishbone Diagram

Dari Tabel 3. diketahui komponen kritis *cylinder head* dalam menganalisis kerusakan *cylinder head* maka digunakan *fishbone* diagram berdasarkan studi literatur dan kondisi mesin di PT. XYZ. Fishbone diagram ditunjukkan pada Gambar 2 sampai Gambar 5.



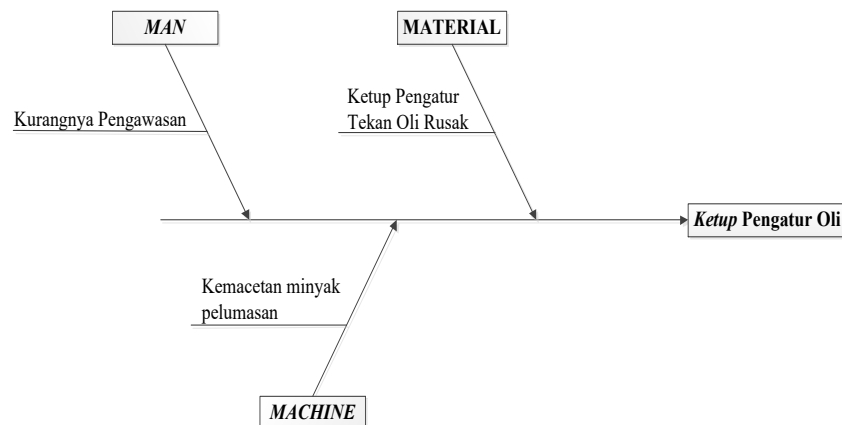
Gambar 2. Fishbone diagram untuk *Cylinder Head*

- 1 Manusia (*Man*). Kelalaian dalam pekerjaan, tidak melakukan perawatan yang diperlukan pada *cylinder head* yang tepat waktu atau pemeliharaan pendingin mesin.
- 2 Mesin (*Machine*). Pompa bahan bakar bermasalah, campuran bahan bakar dan udara yang tidak sesuai atau ketidak seimbangan dalam proses pembakaran menyebabkan tekanan yang tidak merata.
- 3 Material. Material tidak original sesuai dengan spesifikasi memiliki kualitas yang rendah, terjadi retakan materialnya tidak cukup kuat, bahan bakar yang kotor menyebabkan masalah dalam proses pembakaran.



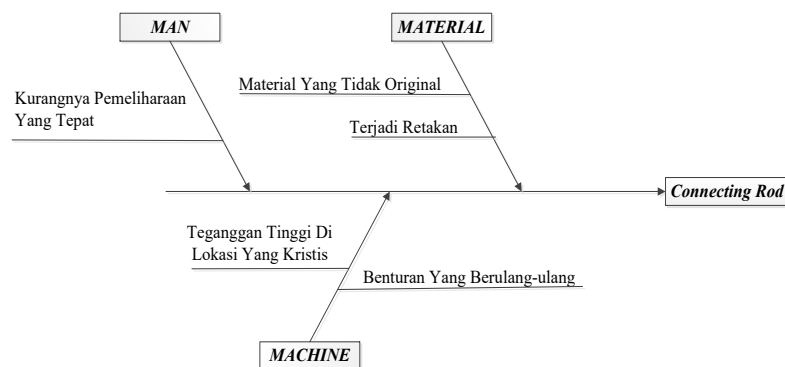
Gambar 3. Fishbone diagram untuk *Piston*

- 1 Manusia (*Man*). Kegagalan memasang injektor, dimana kondisi ini disebabkan oleh pengetahuan teknisi yang kurang memahami proses pemasangan injektor.
- 2 Mesin (*Machine*). Kerusakan piston akibat beban operasi mesin sangat tinggi atau kelebihan beban tidak teridentifikasi, sedangkan kerusakan piston disebabkan oleh bahan bakar solar tidak teridentifikasi.
- 3 Material. Injektor semprotan sudah tidak normal karena desain pabrik tidak sesuai dengan jenis mesin, material sudah di modifikasi.



Gambar 4. Fishbone diagram untuk Katup Pengatur Oli

- 1 Manusia (*Man*). Kurangnya pengawasan, Kurangnya pengetahuan
- 2 Mesin (*Machine*). Kemacetan minyak pelumasan, adanya debu, partikel logam, dan kotoran lainnya yang masuk ke dalam sistem pelumasan
- 3 Material. Katup pengatur oli rusak, Pemakaian yang berkepanjangan atau tidak teratur dari katup pengatur tekanan oli.



Gambar 5. Fishbone diagram untuk Connecting Rod

- 1 Manusia (*Man*). Kurang pemeliharaan yang tepat, kurang pengawasan yang memadai terhadap kondisi *connecting rod*
- 2 Mesin (*Machine*). Benturan yang berulang-ulang, Karena beban yang berlebihan, kemudian tegangan tinggi di lokasi yang kritis karena mesin beroperasi pada kondisi yang membutuhkan daya yang tinggi
- 3 Material. Material yang tidak original, sehingga material yang berkualitas rendah terjadi retakan atau kerusakan lebih cepat

Tabel 6. Jadwal Pemeliharaan Dan Rekomendasi Perbaikan

No	Komponen	Interval Waktu Komponen Mesin				Rekomendasi Perbaikan
		Harian	Mingguan	Bulanan	Tahunan	
1	Piston	-	-	Periksa kondisi komponen secara detail dan lakukan pembersihan yang efektif untuk optimalkan kinerja komponen	Pergantian komponen yang rusak dan pembersihan komponen yang masih digunakan	Piston yang rusak lakukan pemeriksaan menyeluruh terhadap <i>system</i> pelumas untuk memastikan tidak ada kebocoran atau masalah lain yang dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna, jika kerusakan piston yang parah lakukan penggantian piston untuk yang baru.
2	<i>Connecting Rod</i>	Cek kondisi komponen	-	Periksa dan bersihkan komponen secara teratur untuk memastikan kinerja yang stabil	Pergantian komponen yang rusak dan pembersihan komponen yang masih digunakan	<i>Connecting rod</i> yang rusak lakukan pengecekan kerusakan lain selain <i>connecting rod</i> , periksa juga komponen lain yang terpengaruh oleh kerusakan tersebut, seperti <i>crankshaft</i> dan piston untuk memastikan, jika kerusakan <i>connecting rod</i> yang parah lakukan penggantian dengan yang baru atau yang telah di remanufacture bisa menjadi solusi yang baik
3	<i>Crankshaft</i>	Cek kondisi komponen	-	Periksa dan bersihkan komponen secara teratur untuk memastikan kinerja yang stabil	Penyetelan komponen dan pembersihan komponen	<i>Crankshaft</i> mengalami aus, maka perlu dilakukan perbaikan penggrindingan <i>crankshaft</i> dapat dilakukan untuk mengembalikan bentuk dan ukuran aslinya, jika aus pada komponen <i>crankshaft</i> yang parah maka penggantian <i>crankshaft</i> untuk yang baru
4	Katup Pengatur Oli	Cek kondisi komponen	Membersihkan debu dari komponen	Periksa dan bersihkan komponen secara teratur untuk memastikan kinerja yang stabil	Pergantian komponen yang rusak dan pembersihan komponen yang masih digunakan	Katup pengatur oli bermasalah atau rusak, periksa apakah ada penyumbatan atau kebocoran yang mengakibatkan katup pengatur oli rusak, jika kerusakan yang sangat parah ganti bagian yang rusak
5	<i>Bearing</i>	-	-	Periksa dan bersihkan komponen secara teratur untuk memastikan kinerja yang stabil	Pergantian komponen yang rusak dan pembersihan komponen yang masih digunakan	<i>Bearing</i> berkarat maka pembersihan dan pelumasan <i>bearing</i> dapat dilakukan untuk mengembalikan kondisi <i>bearing</i> , selain itu penggunaan <i>bearing</i> yang tahan karat. Jika karat parah pada <i>bearing</i> maka penggantian dengan yang baru
6	<i>Cylinder Head</i>	Cek kondisi komponen	Membersihkan debu dari komponen	Periksa kondisi komponen secara detail dan lakukan pembersihan yang efektif untuk optimalkan kinerja komponen	Pergantian komponen yang rusak dan pembersihan komponen yang masih digunakan	<i>Cylinder head</i> yang rusak lakukanlah pembersihan pada permukaan <i>cylinder head</i> dari kotoran, kemudian periksa komponen lain yang terkait dengan <i>cylinder head</i> untuk memastikan tidak ada kerusakan lain yang mengakibatkan <i>cylinder head</i> rusak, jika <i>cylinder head</i> rusak lebih parah harus diganti yang baru untuk mencegah kerusakan komponen mesin lain
7	<i>Piston Pin</i>	-	-	Periksa kondisi komponen secara detail dan lakukan pembersihan yang efektif untuk optimalkan kinerja komponen	Pergantian komponen yang rusak dan pembersihan komponen yang masih digunakan	Komponen piston pin rusak maka perlu dilakukan perbaikan yang tepat. Pertama-tama dilakukan pemeriksaan untuk menentukan tingkat kerusakan. Jika kerusakan parah maka lakukan penggantian komponen piston pin

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, kesimpulan yang dapat diperoleh adalah terdapat 4 komponen kritis pada mesin SWD antara lain *cylinder head* dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang di peroleh sebesar 210, piston dengan niali *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 150, *katup* pengatur oli dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 144, dan *connecting rod* dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 120. Faktor Penyebab kerusakan pada komponen *cylinder head*, piston, katup pengatur oli, dan *connecting rod* mesin SWD adalah bahwa kerusakan disebabkan oleh faktor manusia, mesin, dan material.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, Ramadian, & Hidayat. 2022. "Analisis Kerusakan Mesin Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA)." Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri.
- Dewi, & Yuamita. 2022. "Pengendalian Kualitas Pada Produksi Air Minum Dalam Kemasan Botol 330 ml Menggunakan *Metode Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) di PDAM Tirta Sembada." Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan 1(I):15–21.
- Prasmoro & Vendhi. 2020. "Analisa sistem perawatan pada mesin las MIG dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis*: Studi kasus di PT. TE." *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*.
- Saori, Anjelia, Melati, & Nuralamsyah. 2021. "Analisis Pengendalian Mutu Pada Industri Lilin."
- Supiandi, Haryono, & Tobing. 2021. "*FMEA and Fishbone Anaysis to Determine The Risk of Flight Control System Components Defect Doe to Aircraft Vibration on the Indonesian Navy Helicopter*."