

Penilaian Risiko pada Mesin Pendingin di Kapal Penangkap Ikan dengan Pendekatan FMEA

¹Yuniar E. Priharanto, ¹M. Zaki Latif A., ¹Akhmad Nurfauzi, ²Rahmad Surya HS.

1. Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong, Kota Sorong
2. Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang, Kabupaten Karawang

Email : yuniar.priharanto@kkp.go.id

m.zaki@kkp.go.id

rahmad2002@googlemail.com

Diterima : 29 Mei 2017. Disetujui : Juni 2017

ABSTRAK

Keberadaan mesin pendingin di kapal penangkap ikan sangat dibutuhkan untuk mempertahankan mutu hasil tangkapan. Dengan kondisi operasional yang cukup panjang mengakibatkan keandalan komponennya menjadi berkurang seiring bertambahnya waktu pengoperasian. Dari total biaya produksi dalam sebuah industri, rata-rata diatas 15 % alokasi biaya untuk perawatan, biaya tersebut dapat menjadi tinggi dikarenakan penambahan biaya karena tidak adanya rencana perawatan atau perawatan preventif yang kurang baik sehingga akan menyebabkan total biaya produksi menjadi naik [10]. Penelitian ini mengaplikasikan penggunaan FMEA untuk mengidentifikasi peluang terjadinya kegagalan pada sistem pendingin di Kapal Penangkap Ikan. Hasil dari FMEA dapat memperoleh penilaian tingkat bahaya dari sebuah moda kegagalan dan memberikan skala prioritas terhadap risiko dari suatu moda kegagalan serta memberikan daftar tindakan pencegahan atau perbaikan untuk mengurangi risiko [4]. Analisis FMEA mengindikasikan komponen kritis pada mesin pendingin antara lain kondensor dengan nilai RPN 144 dan 128, evaporator dengan nilai RPN 128 dan oil separator dengan nilai RPN 112. Upaya mitigasi yang dapat dilakukan antara lain melakukan pemeriksaan rutin, membuat redundant, melakukan penjadwalan pembersihan komponen secara rutin dan penggantian komponen secara rutin.

Kata kunci: perawatan, mesin pendingin, FMEA, RPN, mitigasi

LATAR BELAKANG

Keberadaan mesin pendingin di kapal penangkap ikan sangat dibutuhkan untuk mempertahankan mutu hasil tangkapan. Dalam operasionalnya, mesin pendingin beroperasi selama 24 jam selama kegiatan operasional penangkapan ikan untuk menjamin mutu hasil tangkapan tetap terjaga. Dengan kondisi operasional yang cukup panjang mengakibatkan keandalan komponennya menjadi berkurang seiring bertambahnya waktu pengoperasian.

Dalam sebuah industri, perawatan merupakan aktivitas yang tidak dapat

dihindari, yang tentunya membutuhkan biaya dalam melaksanakan kegiatan perawatan. Dari total biaya produksi dalam sebuah industry, rata-rata diatas 15 % alokasi biaya untuk perawatan, biaya tersebut dapat menjadi tinggi dikarenakan penambahan biaya karena tidak adanya rencana perawatan atau perawatan preventif yang kurang baik sehingga akan menyebabkan total biaya produksi menjadi naik [10].

Perencanaan perawatan bagi sebuah system, perlu diidentifikasi komponen pada system tersebut yang dapat menyebabkan kegagalan system, bagaimana moda kegagalannya dan

apa akibat yang ditimbulkan dari kegagalan tersebut. Analisa kegagalan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan FMEA (Failure mode and effect analysis) yang merupakan salah satu metode untuk mencegah masalah dan mengidentifikasi efek dan solusi yang dapat diberikan [2].

Beberapa studi yang telah dilakukan dengan pendekatan FMEA untuk mengidentifikasi masalah dan memberikan solusinya diantaranya, penggunaan FMEA untuk mencegah risiko terjadinya kebakaran pada mesin diesel di kapal [2]. Pendekatan FMEA untuk mengidentifikasi, mengendalikan dan mengurangi potensi kegagalan pada Pembangkit Listrik Panas Bumi [3]. Pengaplikasian Fuzzy FMEA untuk mengidentifikasi risiko potensial yang dapat terjadi selama proses produksi pakan ternak telah dilakukan [11]. Beberapa peneliti merekomendasikan untuk mengimplementasikan FMEA untuk menilai performa dari permesinan dan peralatan industri sehingga dapat meningkatkan kualitas dan keandalan produk dan proses manufaktur yang akan berpengaruh pada hasil akhir produk [7].

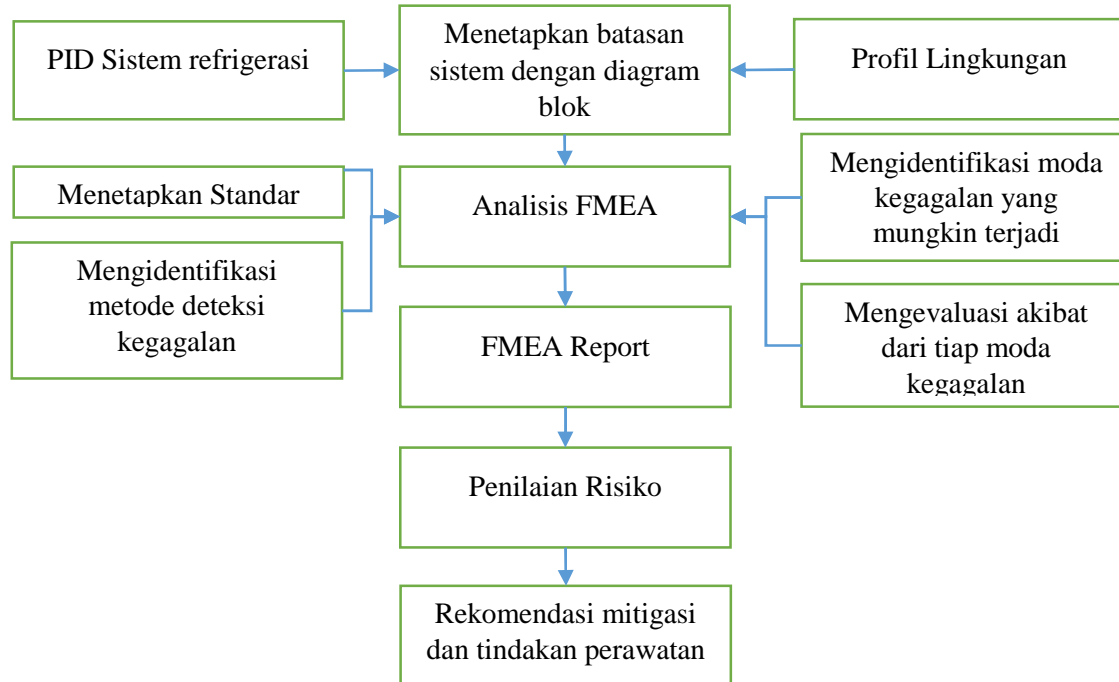
Penelitian ini akan mengaplikasikan penggunaan FMEA untuk mengidentifikasi peluang terjadinya kegagalan pada sistem refrigerasi di Kapal Penangkap Ikan, sehingga dapat menurunkan risiko dan efek yang terjadi pada tiap moda kegagalan. Hasil dari FMEA dapat memperoleh penilaian tingkat bahaya dari sebuah moda kegagalan dan memberikan skala prioritas terhadap

risiko dari suatu moda kegagalan serta memberikan daftar tindakan pencegahan atau perbaikan untuk mengurangi risiko [4].

Pada paper ini FMEA digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan dan efeknya terhadap sistem refrigerasi di kapal perikanan, selanjutnya dinilai risikonya menggunakan penilaian severity, Occurrence dan detection sehingga dapat diketahui bagian yang paling kritis. Bagian yang memiliki nilai risiko paling tinggi dikategorikan sebagai komponen yang paling beresiko sehingga diberikan prioritas lebih tinggi disbanding komponen yang memiliki nilai risiko yang rendah [5].

METODE

Dalam membangun FMEA, dilakukan pembuatan definisi sistem yang disusun berdasarkan PID/Block diagram sistem refrigerasi yang terpasang di kapal. PID/Block diagram diperoleh dengan mencocokkan antara PID dengan instrument yang telah terpasang di kapal untuk memperoleh kesesuaian antara gambar dengan komponen yang terpasang. Untuk memperoleh data yang dibutuhkan dan untuk menilai tingkat severity, occurrence dan detection dilakukan dengan interview kepada kepala kamar mesin dan teknisi yang memiliki pengalaman lebih dari 10 tahun. Hal ini dilakukan karena kurangnya data tertulis pada kapal perikanan Indonesia mengenai kerusakan komponen dan perbaikan yang telah dilakukan.



Gambar 1 Flow chart metode penilaian risiko dengan pendekatan FMEA

Untuk memudahkan dalam menilai risiko, mode kegagalan dinyatakan dalam skala nilai kualitatif yang mengidentifikasi berbagai tingkat kondisi bahaya [4]. Skala kualitatif untuk menilai severity (tingkat keparahan), occurrence (frekuensi kejadian) dan detection (deteksi) ditunjukkan pada tabel 1, 2 dan 3. Selanjutnya, *Risk Priority Number* (RPN) dapat ditentukan dengan menghitung nilai severity (S), occurrence (O) dan detection (D) berdasarkan persamaan :

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

Dalam penilaian RPN, nilai yang ditetapkan pada tiga index skala kualitatif ditafsirkan sebagai angka. Informasi dikumpulkan dengan skala kualitatif dan digunakan pada skala kuantitatif dengan sifat yang berbeda dari yang pertama [10].

Tingkat keparahan (*Severity*) merupakan penilaian yang digunakan untuk mengukur pentingnya akibat dari mode kegagalan.

Skala dari severity tergantung pada akibat dari kegagalan pada kinerja komponen. Tingkat severity dapat didefinisikan menggunakan konsep MTTR (*Mean Time To Repair*), mode kegagalan yang rendah dapat dianggap sama dengan MTTR yang rendah [6].

Tabel 1 Skala Tingkat Keparahatan

Tingkat Keparahatan (Severity)	Deskripsi
1-2	Tidak ada
3-4	Minor, Kerusakan ringan, sistem bekerja kurang maksimal, terdapat redundan
5-6	Moderat, menyebabkan sistem terganggu, waktu perbaikan relative singkat, tidak ada redundan

7-8	Tinggi, membahayakan sistem, menyebabkan sistem down dalam waktu lama
9-10	Sangat berbahaya, membahayakan sistem dan operator

Sumber : [3]

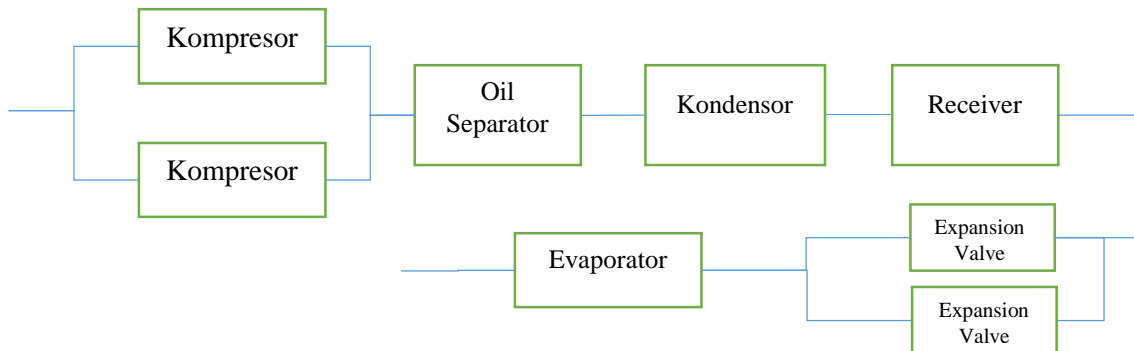
Frekuensi kejadian (*Occurrence*) merupakan frekuensi dari suatu kejadian yang menyebabkan terjadinya kegagalan atau dapat disebut sebagai peluang dari munculnya suatu kegagalan. Perbedaan tingkat occurrence dapat dibedakan dengan bantuan konsep MTBF (*Mean Time Between Failure*), jika waktu antara tiap kegagalannya tinggi, maka dapat dikatakan memiliki nilai occurrence yang tinggi [6].

Tabel 2 Skala frekuensi kejadian

Frekuensi Kejadian (Occurrence)	Deskripsi
1	Lebih dari 1 tahun
3	Antara 4 – 6 bulan
5	Antara 1 – 3 bulan
7	Setiap 1 bulan
9	Setiap saat

Sumber : [6].

Deteksi (*Detection*) digunakan untuk mengukur probabilitas penyebab kegagalan yang dapat dideteksi baik oleh sistem control



Gambar 2 Batasan sistem menggunakan diagram blok

maupun pemeriksaan manual. Penilaian tingkat deteksi sangat subjektif, dinilai berdasarkan pengalaman dari deteksi kegagalan yang telah terjadi [6].

Tabel 3 Skala tingkat deteksi

Deteksi (<i>Detection</i>)	Deskripsi
1	Dapat dideteksi dengan mudah
3	Dapat dideteksi dengan peluang terdeteksi tinggi
5	Dapat dideteksi dengan peluang terdeteksi sedang
7	Dapat dideteksi dengan peluang terdeteksi kecil
9	Tidak dapat dideteksi

Sumber : [6].

HASIL

Pada tahap awal penyusunan analisis FMEA dilakukan pembuatan batasan sistem dengan menggunakan diagram blok. Untuk memperoleh batasan sistem yang tepat dapat dilakukan dengan membuat block diagram berdasarkan PID sistem refrigerasi yang terpasang di kapal penangkap ikan, selanjutnya divalidasi dengan melakukan survey lapangan untuk memastikan apakah batas sistem yang telah dibuat sesuai dengan keadaan di kapal.

Urutan prioritas berdasarkan penilaian RPN dapat dijadikan acuan untuk menerapkan tindakan koreksi. Hal ini dimaksudkan untuk Mengurangi penyebab kegagalan, mengurangi frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan, mengurangi tingkat severity yang terjadi akibat terjadinya kegagalan serta meningkatkan kemungkinan deteksinya [8].

Mengurangi frekuensi kegagalan atau kerusakan selalu dihubungkan dengan tindakan pencegahan, sedangkan meningkatkan kendali deteksi merupakan tindakan yang ditujukan pada pembatasan kegagalan yang sudah ada dan merupakan solusi sementara hingga tindakan pencegahan dibuat untuk mengatasi masalah. Nilai RPN dapat diketahui dengan menggunakan formula $RPN = S \times O \times D$, sehingga dapat diketahui komponen yang memerlukan perhatian. Mode kegagalan yang memiliki nilai RPN paling tinggi harus diberikan prioritas dalam penentuan tindakan pencegahan. Hal ini berarti mode kegagalan yang memiliki tingkat kerusakan (*severity*) paling tinggi tidak selalu diberikan prioritas utama, tetapi bisa jadi yang mendapat prioritas adalah yang memiliki tingkat kerusakan rendah namun memiliki frekuensi kejadian yang tinggi dan tidak dapat di deteksi. Tindakan perbaikan ini dapat berupa pemeriksaan khusus, prosedur pengujian atau kualitas, desain ulang (seperti pemilihan komponen baru), penambahan redundancy

dan pembatasan wilayah atau jangka waktu operasi [1].

Berdasarkan boundary system yang telah dibuat pada mesin pendingin di kapal penangkap ikan, dilakukan analisis FMEA meliputi 6 Komponen utama pada mesin pendingin tersebut. Komponen utama yang di analisa antara lain kompresor, oil separator, kondensor, receiver, katup ekspansi dan evaporator.

Komponen utama tersebut selanjutnya diidentifikasi fungsinya dalam sistem pendingin sehingga dapat diketahui potensi kegagalan yang mungkin terjadi yang akan berpengaruh terhadap operasional mesin pendingin. Setelah potensi dan penyebab kegagalan diketahui, dilakukan analisa terhadap potensi atau akibat dari kegagalan yang mungkin terjadi sehingga dapat diketahui efeknya terhadap sistem pada skala local hingga efek lanjutannya terhadap sistem.

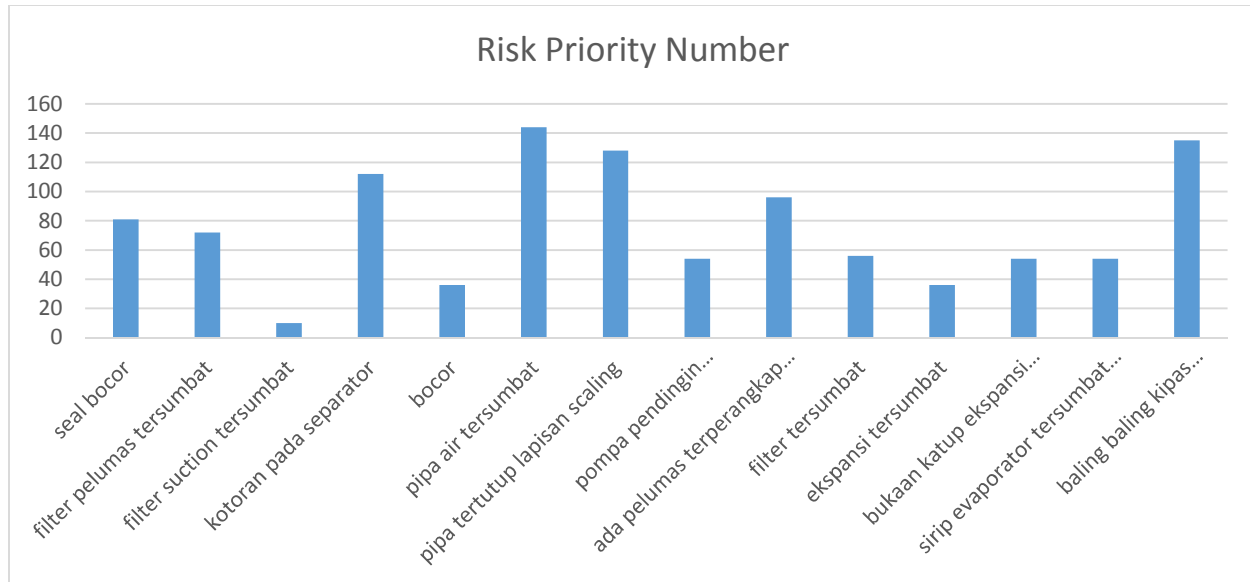
Metode atau petunjuk untuk mengetahui kegagalan yang mungkin terjadi diidentifikasi yang selanjutnya dalam penilaian RPN dapat ditentukan nilai deteksi dari kegagalan tersebut. Pada tabel 4 ditampilkan hasil analisis FMEA untuk 6 komponen utama pada mesin pendingin di kapal penangkap ikan yang meliputi fungsi, potensi dan penyebab kegagalan, akibat dari kegagalan, metode deteksi serta penilaian RPN untuk tiap mode kegagalan.

Tabel 4 Analisis FMEA

Item	Fungsi	Potensi kegagalan dan penyebab	Akibat dari kerusakan			Metode untuk mengetahui kerusakan	S	O	D	RPN
			Pada sistem	Efek lanjutan	Efek akhir					
Kompresor	Memompa bahan pendingin	Seal bocor	Pelumas berkurang	Mesin panas, mekanik kompresor aus	Mesin locked, berhenti beroperasi	Gelas duga untuk pelumas	9	3	3	81
		Filter pelumas tersumbat	Jumlah pelumas yang bersirkulasi berkurang	Mesin panas, piston kompresor aus	Mesin locked, berhenti beroperasi	Oil pressure gauge	6	2	6	72
		Filter suction tersumbat	Tekanan suction rendah	Low suction pressure compressor	Mesin berhenti beroperasi	Pressure Gauge	5	2	1	10
Oil separator	Memisahkan pelumas yang terbawa oleh bahan pendingin	Kotoran pada separator	Jumlah pelumas pada kompresor berkurang	Pelumas terbawa pada sistim, piston kompresor aus	Proses pembekuan tidak maksimal, kompresor berhenti beroperasi	Gelas duga untuk pelumas	7	4	4	112
		Bocor	Jumlah pelumas pada kompresor berkurang	Mesin panas, piston kompresor aus	Mesin locked, berhenti beroperasi	Gelas duga untuk pelumas	9	2	2	36
Kondensor	Mengkondensasi bahan pendingin	Pipa air tersumbat	Air sebagai penular panas berkurang	High discharge, kompresor bekerja berat	Overload, berhenti beroperasi	High pressure gauge	9	4	4	144
		Pipa tertutup lapisan scaling	Proses perpindahan panas tidak maksimal	High discharge, kompresor bekerja berat	Overload, berhenti beroperasi	High pressure gauge	8	4	4	128

		Pompa pendingin kondensor tidak berfungsi	Tidak ada proses perpindahan panas	High discharge, kompresor bekerja berat	Overload, berhenti beroperasi	Visual	9	3	2	54
Receiver	Menampung bahan pendingin	Ada pelumas terperangkap dalam receiver	Kapasitas penampung refrigeran berkurang	Bila akumulasi pelumas cukup banyak, pelumas ikut bersirkulasi	Pendinginan terhambat	Analisis, tidak ada alarm	8	2	6	96
		Filter tersumbat	Supply refrigeran untuk epevaporator berkurang	Evaporator kurang refrigeran	Pendinginan terhambat	Analisis, tidak ada alarm	7	2	4	56
Katup ekspansi	Mengabutkan bahan pendingin	Ekspansi tersumbat	Supply refrigeran untuk epevaporator berkurang	Evaporator kurang refrigeran	Pendinginan terhambat	Analisis, tidak ada alarm	6	2	3	36
	Menurunkan tekanan refrigran	Bukaan katup ekspansi tidak akurat	Supply refrigeran untuk evaporator tidak sesuai	Evaporator kurang maksimal	Pendinginan terhambat	Analisis, tidak ada alarm	3	9	2	54
Evaporator	Menyerap kalor produk	Sirip evaporator tersumbat bunga es padat	Sirkulasi udara dingin tidak maksimal	Proses pendinginan tidak maksimal	Tidak terjadi penguapan refrigran	Analisis, tidak ada alarm, visual	3	9	2	54
		Kipas evaporator tersangkut bunga es	Kipas tidak dapat berputar	Motor listrik overload	Pendinginan tidak maksimal	Alarm motor listrik evaporator overload	5	9	3	135

Dari hasil analisis FMEA yang dilakukan terhadap komponen utama pada mesin pendingin antara lain kompresor, oil separator, kondensor, receiver, katup ekspansi dan evaporator, diperoleh komponen yang memiliki nilai RPN paling tinggi antara lain kondensor dan evaporator.



Gambar 3 Peringkat RPN untuk tiap moda kegagalan

Moda kegagalan pada kondensor yang memiliki nilai RPN paling tinggi adalah filter pada pipa air yang tersumbat dengan nilai RPN 144. Nilai RPN yang tinggi tersebut disebabkan oleh seringnya terjadi kegagalan pada filter air pendingin kondensor dengan nilai frekuensi kejadian (O) 5 dan kegagalan pendinginan kondensor akan mengakibatkan kerusakan yang tingkat keparahannya cukup tinggi dengan nilai tingkat keparahan (S) 5.

Potensi kegagalan lain pada kondensor yang memiliki nilai RPN tinggi adalah pipa air pendingin di dalam kondensor tertutup lapisan scaling dengan nilai RPN 128. Tingginya nilai RPN ini disebabkan oleh air laut yang digunakan sebagai pendingin kondensor menerima sejumlah kalor dari refrigerant, sehingga menyebabkan terjadinya lapisan scaling tersebut. dari hasil penilaian diketahui nilai RPN yang tinggi disebabkan oleh tingginya nilai pada skala tingkat

keparahan dengan nilai 8. Hal ini berarti bahwa apabila terjadi kegagalan pada komponen ini dapat membahayakan sistem dan menyebabkan mesin pendingin tidak berfungsi dan berpotensi merusak komponen mesin pendingin yang lain. pada evaporator, komponen yang memiliki nilai RPN tinggi adalah kipas evaporator karena tersangkut bunga es dari evaporator yang terakumulasi selama proses pendinginan dengan nilai RPN 135. Tingginya nilai RPN ini dipengaruhi oleh frekuensi kejadian yang tinggi dengan nilai 9.

Tindakan mitigasi yang dapat dilakukan untuk meminimalkan risiko kegagalan yang muncul pada komponen dengan nilai RPN yang tinggi (kondensor dan evaporator) antara lain melakukan pemeriksaan rutin, penjadwalan perawatan pada komponen kritis serta membuat redundant. beberapa tindakan mitigasi yang dapat dilakukan dijelaskan pada tabel 5.

Tabel 5 Tindakan Mitigasi

Potensi kegagalan dan penyebab	RPN	Mitigasi
Pipa air tersumbat	144	Pemeriksaan rutin, membuat redundan untuk filter pada pipa pendingin kondensor, memeriksa dan membersihkan filter air pendingin
Kipas evaporator tersangkut bunga es	135	Melakukan pemeriksaan rutin, membersihkan area sekitar kipas evaporator pada saat membongkar produk

Pipa tertutup lapisan scaling	128	Dibuat penjadwalan pembersihan secara rutin pada saat kapal sandar di pelabuhan, sehingga tidak terjadi moda kegagalan tersebut pada saat kapal beroperasi di daerah penangkapan
Kotoran pada separator	112	Penggantian filter pada oil secara rutin.

SIMPULAN

Analisis FMEA pada komponen sistem pendingin di kapal penangkap ikan disusun untuk mengetahui potensi dan penyebab kegagalan pada komponen mesin pendingin dan akibat yang mungkin terjadi. Dalam analisis FMEA tersebut dilakukan penilaian terhadap risiko kegagalan pada tiap penyebab kegagalan pada tiap komponen sehingga diperoleh nilai RPN.

Analisis FMEA mengindikasikan komponen kritis pada mesin pendingin antara lain kondensor dengan nilai RPN 144 dan 128, evaporator dengan nilai RPN 128 dan oil separator dengan nilai RPN 112.

Beberapa upaya mitigasi yang dapat dilakukan antara lain melakukan pemeriksaan rutin, membuat redundant untuk filter pada pipa pendingin kondensor, melakukan penjadwalan pembersihan komponen secara rutin pada saat tidak berlayar terutama pada komponen yang kritis dan penggantian komponen secara rutin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ambekar, S.B., Edlabadkar, A. & Shrouy, V., 2013. A Review : Implementation of Failure Mode and Effect Analysis. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2(8), pp.37–41.
- [2] Faturachman, D. et al., 2014. Failure mode and effects analysis of diesel engine for ship navigation system improvement. *International Journal of Service Science, Management and Engineering*, 1(1), pp.6–16.
- [3] Feili, H.R. et al., 2013. Risk analysis of geothermal power plants using Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) technique. *Energy Conversion and Management*, 72, pp.69–76.
- [4] Franceschini, F. & Galetto, M., 2001. A New Approach for Evaluation of Risk Priorities of Failure Modes in FMEA. *International Journal of Production Research*, 39(13), pp.2991–3002.
- [5] Gupta, G., Mishra, R.P. & Singhvi, P., 2016. An Application of Reliability Centered Maintenance Using RPN Mean and Range on Conventional Lathe Machine. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 23(6), p.1640010 (10 pages). Available at: <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0218539316400106>.
- [6] Hiram Saheb, S., Annam, V.K. & Avula, Y., 2016. DFMEA of a Roller Mill Gear box. *International Journal Of Advancement In Engineering Technology*, 3(7), pp.83–90. Available at: www.ijaetmas.com.
- [7] Prajapati, D.R., 2012. ISSN : 2249-0558 Implementation of Failure Mode and Effect Analysis. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2(7), pp.264–292.
- [9] Puente, J. et al., 2002. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 19(2), pp.137–150.
- [10] Salonen, A. & Deleryd, M., 2011. Cost of poor maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(1), pp.63–73.
- [11] Wessiani, N.A. & Sarwoko, S.O., 2015. Risk analysis of poultry feed production using fuzzy FMEA. *Procedia Manufacturing*, 4, pp.270–281.