Analisis Kinerja *Windlass* Di KR. Geomarin III Menggunakan Metode FMEA *(Failure Mode Effect Analysis)*

Fajar Bima Aji Nugraha
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: fajarbima04@gmail.com

ABSTRACT

Ship activities during the berthing process require an anchor to hold the ship and used to stretch and raise the anchor using a windlass. Optimal windlass performance greatly influences the overall operational efficiency of the ship. This research aims to analyze the performance of KR. Geomarin III windlasses in increasing operational efficiency, both in terms of time, cost and security. The method used in this research is Failure Mode Effect Analysis (FMEA). The research methodology includes collecting primary and secondary data through direct observation, interviews with the crew of Geomarin III. The windlass machine system at KR. Geomarin III is an electric power machine. Apart from that, there is a fishbone diagram to look for factors that cause possible failure of windlass performance on the ship. From the results of this research, 8 potential failure modes were obtained, then the 2 highest failure modes were obtained, in rank 1 the bad weather with an RPN value of 160 and rank 2 the engine did not start with an RPN value of 144. Windlass performance significantly contributes to increasing ship operational efficiency, but it needs to be done routine maintenance and monitoring system to ensure optimal performance in the future.

Key Words: *Ship's Windlass, Routine Maintenane, Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

ABSTRAK

Kegiatan kapal selama proses berlabuh memerlukan jangkar guna menahan kapal agar tidak hanyut terbawa arus. Dalam hal ini peralatan jangkar kapal memiliki sistem yang digunakan untuk mengulur dan menaikkan jangkar menggunakan *windlass.* Kinerja *windlass* yang optimal sangat mempengaruhi efisiensi keseluruhan operasional kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja *windlass* kapal KR. Geomarin III dalam meningkatkan efisiensi operasional, baik dari segi waktu, biaya, maupun keamanan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). Metodologi penelitian meliputi pengumpulan data primer dan sekunder melalui observasi langsung, wawancara, dengan *crew* KR. Geomarin III. Sistem mesin *windlass* yang ada di KR. Geomarin III adalah mesin tenaga listrik. Selain itu ada *fishbone diagram* untuk mencari faktor-faktor penyebab kemungkinan kegagalan kinerja *windlass* di atas kapal. Dari hasil penelitian ini didapatkan 8 *potential failure mode*, lalu didapatkan 2 mode kegagalan tertinggi yaitu pada *ranking* 1 cuaca buruk dengan nilai RPN 160 dan *ranking* 2 mesin tidak dapat menyala dengan RPN 144. Kinerja *windlass* secara signifikan berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional kapal, namun perlu dilakukan sistem perawatan dan pengawasan rutin guna memastikan performa yang optimal dimasa mendatang.

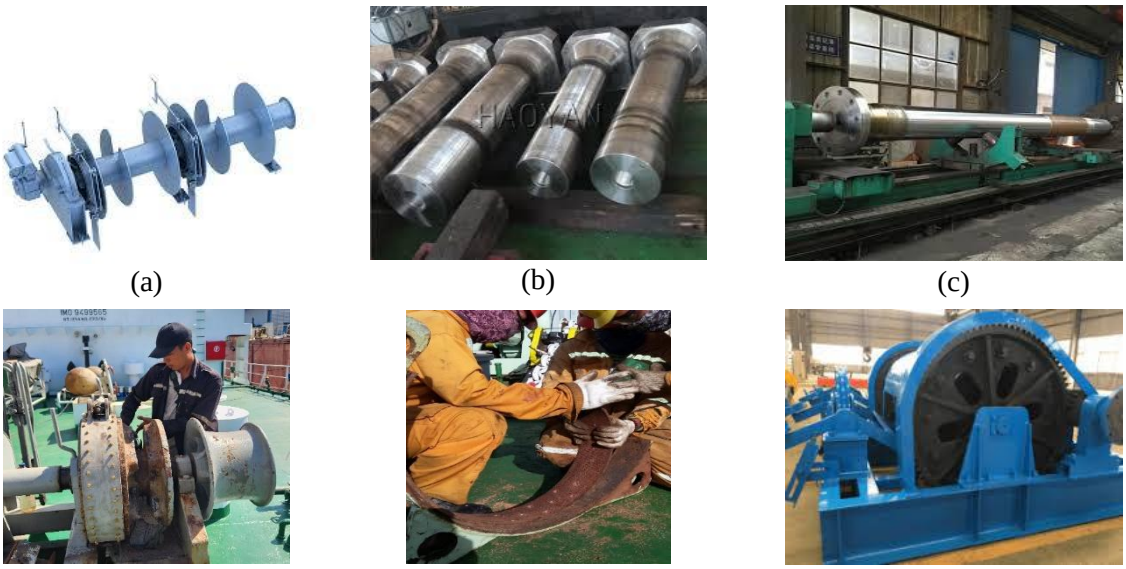
Kata kunci: *Windlass* kapal, Perawatan rutin, *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA)

PENDAHULUAN

Pada penelitian ini membahas tentang pentingnya sektor perkapalan di Indonesia, terutama dalam mendukung perdagangan, transportasi, dan penelitian. Kapal KR Geomarin III, yang dimiliki oleh Kementerian ESDM, memainkan peran penting dalam survei dan eksplorasi kelautan. Salah satu komponen krusial dalam operasional kapal adalah *windlass*, yaitu mesin pengangkat jangkar yang memastikan kapal dapat berlabuh dengan aman. Penelitian ini berfokus pada analisis kinerja *windlass* di KR Geomarin III menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan meningkatkan efisiensi operasional kapal. Masalah yang diangkat mencakup berbagai mode kegagalan *windlass*, penyebabnya, serta dampaknya terhadap operasional kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kegagalan utama, penyebabnya, serta memberikan rekomendasi pemeliharaan untuk meningkatkan keandalan sistem operasional *windlass*. Batasan penelitian mencakup analisis *windlass* di kapal KR Geomarin III dalam kurun waktu tertentu, fokus pada aspek mekanis dan elektrik, serta penggunaan metode FMEA sebagai alat utama evaluasi risiko. Hal ini menegaskan bahwa peningkatan kinerja *windlass* tidak hanya meningkatkan efisiensi kapal tetapi juga mendukung keseluruhan industri maritim di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian sebelumnya yang menjadi referensi dalam penelitian ini membahas berbagai aspek yang berkaitan dengan sistem *windlass* dan *hydraulic mooring winch* di kapal. Hasil penelitian yang relevan menunjukkan bahwa faktor utama dalam kerusakan *windlass* dan *hydraulic system* disebabkan oleh kesalahan operasional, kurangnya perawatan, dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi kinerja peralatan kapal. Dalam kajian literatur terkait *windlass*, diketahui bahwa *windlass* merupakan sistem derek jangkar yang terdiri dari berbagai komponen utama seperti poros penggerak (*drive shaft*), poros antara (*intermediate shaft*), poros utama (*main shaft*), penggerak rantai (*chain lifter*), kampas rem (*band brake*), dan roda gigi (*gear wheels*). Tipe *windlass* dapat dibedakan menjadi *windlass* vertikal dan horizontal, yang masing-masing memiliki karakteristik serta keunggulan tersendiri tergantung pada kebutuhan kapal. Selain itu, berdasarkan sistem penggeraknya, *windlass* dapat menggunakan tenaga uap, hidrolik, atau listrik, yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penggunaannya.



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Gambar 1. a) poros penggerak, b) poros antara, c) poros utama, d) penggerak rantai, e) kampas rem, f) roda gigi.
Sumber: a) http://www.lewmar.com/node/15117, b) id.made-in-china.com, c) https://id.zhiyoumarin.com/marine-steel/marine-shaft-system.html, d) dokumentasi penulis, e) dokumentasi penulis, f) https://www.goseamarine.com/id/windlass/.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam sistem *windlass*. Analisis FMEA menilai risiko berdasarkan tiga parameter utama, yaitu *severity* (tingkat keparahan), *occurrence* (frekuensi kegagalan), dan *detection* (kemudahan deteksi kegagalan). Penggunaan metode ini bertujuan untuk mencegah dan mengurangi dampak kegagalan sebelum terjadi, sehingga meningkatkan keselamatan serta efisiensi operasional kapal. Ketiga parameter itu kemudian digabungkan untuk menentukan signifikansi kekritisan (FMEA) dari setiap modus kegagalan. Gabungan dari tiga parameter tersebut dikenal dengan Angka Prioritas Risiko (*Risk Priority Number* - RPN). Secara matematis, hubungan antar-parameter dengan RPN dirumuskan sebagai berikut:

$$\textbf{\textit{Severity}} \times \textbf{\textit{Occurrence}} \times \textbf{\textit{Detection}} = \mathbf{S \times O \times D = RPN} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

Setelah memperoleh nilai RPN untuk setiap kejadian risiko kegagalan peralatan, selanjutnya presentase kegagalan dapat ditentukan dengan cara nilai RPN yang didapat dibagi total RPN dan dikali 100%. (Daryanto & Minto Basuki, 2023).

ISSN 2775-5630

Severity adalah langkah pertama untuk menganalisa risiko, yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian mempengaruhi hasil akhir proses. Dampak tersebut di-*rating* mulai skala 1 – 10 dimana 10 merupakan risiko terburuk dan penentuan terhadap *rating* terdapat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Skala Peringkat *Severity*

Rank	***Severity***	**Deskripsi**	**Dampak Pada Sistem/ Proses**
10	Kegagalan Katalis	Kegagalan serius yang mengakibatkan kerusakan parah dan kecelakaan fatal	Ini mengakibatkan kematian atau cedera serius, penghancuran sistem, kerugian finansial besar, atau kecelakaan fatal
9	Kegagalan Kritis	Kegagalan serius yang menyebabkan gangguan besar	Ini mengakibatkan cedera serius atau penyakit fatal atau kerugian
8	Kegagalan Besar	Kegagalan yang mengakibatkan kerugian besar dalam operasi, produk, atau layanan	Ini mengakibatkan kerusakan besar pada sistem, gangguan operasional, dan kerugian besar tetapi tidak fatal
7	Kegagalan Serius	Kegagalan signifikan dalam kinerja dengan dampak operasional yang besar	Ini menyebabkan kerugian besar pada kinerja sistem dan memerlukan perbaikan segera tanpa ancaman keselamatan yang segera
6	Kegagalan Signifikan	Gangguan yang menyebabkan kerugian kinerja substansial atau kegagalan produk	Ini mengakibatkan sistem atau produk gagal berfungsi sesuai spesifikasi dan memerlukan tindakan segera untuk perbaikan
5	Kegagalan Sedang	Kegagalan menyebabkan kerugian kinerja yang dapat diterima tetapi dapat diperbaiki segera	Kinerja menurun atau berkurang, dan tindakan korektif diperlukan tetapi tidak mengakibatkan kerusakan serius
4	Kegagalan Kecil	Kegagalan kecil memiliki dampak yang relatif terbatas pada operasi atau fungsi sistem	Pengurangan kinerja produk atau kualitas tidak memiliki efek signifikan pada keseluruhan sistem
3	Kegagalan Tolerable	Gangguan kecil yang tidak mempengaruhi kinerja utama sistem	Masalah kecil yang dapat ditoleransi dengan sedikit atau tanpa dampak pada fungsi atau kinerja sistem
2	Kegagalan Sangat Kecil	Gangguan atau cacat yang hampir tidak terlihat dan tidak mempengaruhi operasi	Ini memiliki dampak kecil yang hampir tidak mempengaruhi kinerja, kualitas, atau keselamatan
1	Tidak Ada	Tidak ada dampak akibat kegagalan	Kegagalan tidak mempengaruhi sistem

Occurrence merupakan kemungkinan bahwa penyebab kegagalan akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa operasi. *Occurrence* merupakan nilai *rating* yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan atau angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi.

Tabel 2. Skala Peringkat *Occurence*

Rank	***Occurence***	**Frekuensi**	**Deskripsi**
10	Sangat Sering	>1 kali per hari	Mode kegagalan hampir selalu terjadi, sangat sering, selama operasi
9	Sering	1 kali per hari	Mode kegagalan terjadi setiap hari, sering kali mempengaruhi pengoperasian mesin
8	Cukup Sering	1 kali per minggu	Mode kegagalan terjadi beberapa kali dalam seminggu
7	Cukup Tinggi	1 kali per bulan	Mode kegagalan terjadi sebulan sekali
6	Sedang	1 kali per 3 bulan	Mode kegagalan terjadi sekitar 1 kali dalam 3 bulan
5	Jarang	1 kali per tahun	Mode kegagalan terjadi setahun sekali
4	Sangat Jarang	1 kali setiap 1-3 tahun	Mode kegagalan terjadi setiap 1-3 tahun

3	Agak Jarang	1 kali setiap 3-5 tahun	Mode kegagalan sangat jarang terjadi
2	Jarang	1 kali setiap 5-10 tahun	Mode kegagalan sangat jarang terjadi
1	Sangat Jarang	1 kali setiap >10 tahun	Mode kegagalan jarang terjadi, lebih dari 10 tahun sekali

Detection berfungsi untuk upaya pencegahan terhadap proses produksi dan mengurangi tingkat kegagalan pada proses operasional.

Tabel 3. Skala Peringkat *Detection*

Rank	***Detection***	**Deskripsi**
10	Sangat Tidak Terdeteksi	Kegagalan hampir tidak mungkin dideteksi sebelum menyebabkan kerusakan total
9	Sangat Sulit Dideteksi	Kegagalan sangat sulit dideteksi, terdekti apabila ada dampak yang signifikan
8	Sulit Dideteksi	Hanya dapat dilakukan pengendalian yang sangat ketat dan intensif
7	Kemungkinan Terbatas	Deteksi mungkin terjadi hanya dalam beberapa situasi setelah dampak terjadi
6	Deteksi Sedang	Hanya terjadi dengan kontrol atau prosedur tertentu
5	Terkadang Terdeteksi	Deteksi dapat terjadi dengan adanya pemeriksaan rutin
4	Cukup mudah	Inspeksi manual biasanya dapat mendeteksi terjadinya kegagalan
3	Mudah Dideteksi	Kegagalan sering kali dapat dideteksi dengan mudah baik oleh sistem
2	Sangat Dapat Dideteksi	Hampir semua dampak kegagalan dapat dideteksi sebelum dampak serius terjadi
1	Terdeteksi Kegagalan	Kegagalan terdeteksi melalui pemantauan

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif, yaitu prosedur penelitian yang bertujuan untuk mendeskripsikan fenomena berdasarkan data yang diperoleh secara sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan. Menurut Aminuddin (1990), metode ini menekankan pendalaman data untuk mendapatkan kualitas hasil penelitian dengan mengandalkan uraian deskriptif yang disusun secara sistematis.

Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah studi kasus, yang bertujuan untuk menganalisis kinerja *windlass* Kapal KR. Geomarin III dalam meningkatkan efisiensi operasional. Dengan pendekatan ini, penelitian difokuskan pada pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *windlass* dan kontribusinya terhadap efisiensi operasional kapal. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan dua jenis data utama, yaitu data primer dan data sekunder:

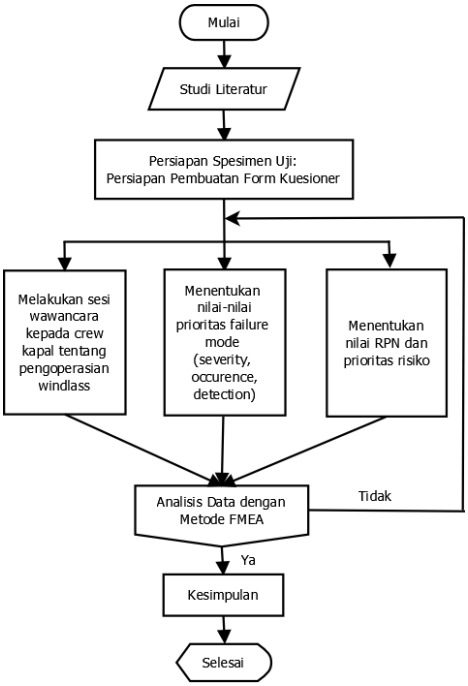
1. Data primer diperoleh melalui observasi langsung, dimana peneliti mengamati penggunaan *windlass* di kapal KR. Geomarin III. Pengamatan ini mencakup beberapa aspek seperti kecepatan operasi *windlass*, konsumsi energi, serta kondisi lingkungan saat *windlass* digunakan.
2. Data sekunder diperoleh dari dokumen dan literatur yang relevan, yang digunakan sebagai referensi tambahan untuk memperkaya analisis dalam penelitian ini.

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan wawancara sebagai teknik pengumpulan data. Wawancara dilakukan kepada *crew* kapal memiliki pengalaman langsung dalam pengoperasian *windlass* di kapal KR. Geomarin III.

- Capt. Sudarmanto – Nakhoda KR. Geomarin III
- Bas Bambang – Kepala Kamar Mesin (KKM) KR. Geomarin III
- Pak Kartono – Bosun KR. Geomarin III

Wawancara ini bertujuan untuk mendapatkan informasi lebih rinci mengenai tantangan, kendala, dan efisiensi dalam penggunaan *windlass*.Penelitian ini dilakukan di atas kapal KR. Geomarin III, baik saat kapal sedang berada di dermaga maupun dalam kondisi operasional.

Untuk memastikan penelitian berjalan secara sistematis, digunakan diagram alur penelitian sebagai kerangka pemikiran. Dengan adanya kerangka pemikiran ini, peneliti dapat memahami struktur penelitian secara lebih jelas, mengidentifikasi kekurangan dan kelebihan penelitian, serta menjaga alur penelitian tetap sistematis.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

Metode pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik utama:

1. Observasi yaitu, teknik pengamatan langsung terhadap objek penelitian. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan untuk mengamati penggunaan *windlass* di kapal KR. Geomarin III.
2. Dokumentasi, digunakan untuk mengumpulkan data sekunder yang berkaitan dengan penelitian. Data yang dikumpulkan berasal dari dokumen resmi, laporan teknis, serta literatur yang membahas *windlass* dan efisiensi operasional kapal.
3. Wawancara, dilakukan dengan narasumber yang memiliki keahlian dan pengalaman dalam pengoperasian *windlass*.

Dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif dan pendekatan studi kasus, penelitian ini berupaya memberikan pemahaman yang mendalam tentang kinerja *windlass* pada kapal KR. Geomarin III serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Teknik pengumpulan data yang digunakan, seperti observasi, dokumentasi, dan wawancara, bertujuan untuk mendapatkan data yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Melalui analisis data yang sistematis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi peningkatan efisiensi operasional kapal dan pengembangan sistem *windlass* yang lebih optimal di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini terdapat identifikasi mode kegagalan utama pada *windlass* kapal KR. Geomarin III. Analisis penyebab kegagalannya, nilai dampaknya terhadap efisiensi operasional kapal, serta penerapan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) untuk mengurangi risiko kegagalan. Selain itu, penelitian ini memberikan rekomendasi dan strategi pemeliharaan guna meningkatkan efisiensi operasional kapal.

Adapun peralatan jangkar pada KR. Geomarin III seperti mesin *windlass. Windlass* adalah mesin yang digunakan untuk mengangkat dan mengulur jangkar. KR. Geomarin III menggunakan *windlass* bertenaga listrik dengan kapasitas angkat 6 ton x 9 m/min. Mesin ini dilengkapi dengan generator, kotak kontrol, kopling, serta rem gesekan dan dapat digunakan juga sebagai alat tambat (*mooring*). Selain *windlass*, kapal ini juga dilengkapi dengan *capstan* elektrik vertikal, jangkar tipe *stockless hall*, rantai jangkar baja kelas 2, serta tali tambat berbahan nilon. Untuk mendapatkan data yang akurat, penelitian ini melibatkan tiga

informan utama yaitu Nakhoda, Kepala Kamar Mesin (KKM), dan Bosun dimana masing-masing memeliki keterkaitan atas tanggung jawab pemeliharaan mesin *windlass* di KR. Geomarin III.
Kegagalan *windlass* pada KR. Geomarin III dipengaruhi oleh faktor manusia, material, mesin, dan lingkungan. Untuk mengurangi risiko kegagalan, diperlukan pemeliharaan berkala, peningkatan keahlian awak kapal, serta penggunaan material yang lebih tahan terhadap korosi. Penerapan FMEA diharapkan dapat membantu dalam mengidentifikasi dan mengatasi kegagalan sebelum berdampak lebih besar terhadap efisiensi operasional kapal.

Berdasarkan data yang diperoleh dari observasi, wawancara, dan pengisian kuesioner dengan Nakhoda, KKM, dan Bosun di KR. Geomarin III didapat karakteristik hasil penilaian *severity* (S) dan evaluasi risiko melalui metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) terhadap kinerja *windlass* di KR. Geomarin III yang disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Skala Penilaian *Severity*

Tahap	***Potential Failure Mode***	***Potential Failure Effect***	***S***
Crew berkumpul di haluan	*Crew* tidak lengkap/ tidak sesuai	Proses pengoperasian tidak maksimal	3
KKM menyalakan mesin	Mesin tidak dapat menyala	Fungsi kinerja *windlass* tidak maksimal	9
	Mesin minim daya angkat	Penurunan daya mesin secara drastis	8
Pengoperasian *windlass*	*Windlass* tidak berfungsi	Jangkar tidak dapat terangkat	7
Roda gigi *windlass* berputar	Roda gigi macet	Roda gigi sudah halus dan harus diganti	7
Gypsy berputar	Rantai tidak terulur/ terangkat	*Gypsy* aus dan as harus diganti	5
Rantai bergerak	Cuaca buruk	Proses olah gerak terhambat	8
	Jangkar di dasar laut tidak terangkat	Kegiatan operasional menjadi terhambat	6

Sumber: Hasil pengolahan data brainstorming dengan bas Bambang sebagai KKM KR. Geomarin III

Frekuensi jangka waktu kejadian terdapat pada *occurrence* (O) yang menunjukkan seberapa sering kegagalan *windlass* terjadi sehingga menyebabkan kegagalan sistem atau kinerja. Skala penilaian *occurrence* ini disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Skala Penilaian *Occurence*

Proses	***Potential Failure Mode***	***Potential Failure Causes***	**Frekuensi**	***O***
Crew berkumpul di haluan	*Crew* tidak lengkap/ tidak sesuai	*Crew* sakit dan harus diwakilkan	1 kali setiap 3-5 tahun	3
KKM menyalakan mesin	Mesin tidak dapat menyala	Jarang dilakukan perawatan/ pengecekan kondisi mesin	1 kali setiap 1-3 tahun	4
	Mesin minim daya angkat	Jarang dilakukan perawatan/ pengecekan kondisi mesin	1 kali setiap 3-5 tahun	4
Pengoperasian *windlass*	*Windlass* tidak berfungsi	*Windlass* tidak teraliri listrik	1 kali setiap 5-10 tahun	2
Roda gigi *windlass* berputar	Roda gigi macet	Terdapat karat yang terkumpul	1 kali setiap 5-10 tahun	2
Gypsy berputar	Rantai tidak terulur/ terangkat	*Material* tidak diganti walau sudah afkir	1 kali setiap 5-10 tahun	2
Rantai bergerak	Cuaca buruk	*Crew* tidak dapat bekerja secara maksimal	1 kali per tahun	4
	Jangkar di dasar laut tidak terangkat	Jangkar tersangkut oleh karang	1 kali setiap 5-10 tahun	2

Sumber: Hasil pengolahan data brainstorming dengan Pak Kartono sebagai Bosun KR. Geomarin III.

Berdasarkan data yang diperoleh dari observasi, wawancara, dan pengisian kuesioner dengan Nakhoda, KKM, dan Bosun di KR. Geomarin III didapat karakteristik hasil penilaian *detection* (D) dan evaluasi risiko melalui metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) terhadap kinerja *windlass* di KR. Geomarin III yang disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Skala Penilaian *Detection*

Proses	***Potential Failure Mode***	***Possible Detection***	***D***
Crew berkumpul di haluan	*Crew* tidak lengkap/ tidak sesuai	Hampir semua dampak kegagalan dapat dideteksi	2
KKM menyalakan mesin	Mesin tidak dapat menyala	Inspeksi manual biasanya dapat mendeteksi terjadinya kegagalan	4
	Mesin minim daya angkat	Inspeksi manual biasanya dapat mendeteksi terjadinya kegagalan	4
Pengoperasian *windlass*	*Windlass* tidak berfungsi	Kegagalan sering kali dapat dideteksi dengan mudah	3
Roda gigi *windlass* berputar	Roda gigi macet	Kegagalan sering kali dapat dideteksi dengan mudah	3
Gypsy berputar	Rantai tidak terulur/ terangkat	Kegagalan sering kali dapat dideteksi dengan mudah	3
Rantai bergerak	Cucaca buruk	Dapat terdeteksi jika ada pemeriksaan	5
	Jangkar di dasar laut tidak terangkat	Hampir dapat dideteksi sebelum masalah serius terjadi	3

Sumber: Hasil pengolahan data brainstorming dengan Capt. Sudarmanto sebagai Nakhoda KR. Geomarin III.

Dari ketiga penilaian pada Tabel 4, 5, dan 6, kemudian penilaian RPN dilakukan dengan cara mengalikan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* sehingga diperoleh nilai *risk priority number* (RPN) pada masing-masing *failure mode* pada tabel 7.

Tabel 7. Penilaian *Risk Priority Number*

Faktor Penyebab	**Proses**	***Potential Failure Mode***	***Potential Failure Causes***	***Potential Failure Effect***	***Prevention***	**Nilai Indikator**			
						S	***O***	***D***	***RPN***
Manusia	*Crew* berkumpul di haluan	*Crew* tidak lengkap/ tidak sesuai	*Crew* sakit dan harus diwakilkan	Proses pengoperasian tidak maksimal	Seluruh *crew* harus mampu mengoperasikan *windlass*	3	3	2	18
Mesin	KKM menyalakan mesin	Mesin tidak dapat menyala	Jarang dilakukan perawatan / pengecekan kondisi mesin	Fungsi kinerja *windlass* tidak maksimal	Dilakukan pemeriksaan rutin	9	4	4	144
		Mesin minim daya angkat		Penurunan daya mesin secara drastis	Dilakukan Pemeriksaan rutin	8	4	4	128
Mesin	Pengoperasian *windlass*	*Windlass* tidak berfungsi	*Windlass* tidak teraliri listrik	Jangkar tidak dapat terangkat	Dilakukan perawatan harian secara rutin	7	2	3	42

Faktor Penyebab	**Proses**	***Potential Failure Mode***	***Potential Failure Causes***	***Potential Failure Effect***	***Prevention***	**Nilai Indikator**			
						S	***O***	***D***	***RPN***
Manusia	Roda gigi *windlass* berputar	Roda gigi macet	Terdapat karat yang terkumpul	Roda gigi sudah halus dan harus diganti	Dilakukan perawatan harian secara rutin	7	2	3	42
Material	Gypsy berputar	Rantai tidak terulur/ terangkat	*Material* tidak diganti walau sudah afkir	*Gypsy* aus dan as harus diganti	Material yang sudah afkir harus segera diganti	5	2	3	30
Lingkungan	Rantai bergerak	Cucaca buruk	*Crew* tidak dapat bekerja secara maksimal	Proses olah gerak terhambat	Pengecekan keadaan cuaca	8	4	5	160
		Jangkar di dasar laut tidak terangkat	Jangkar tersangkut oleh karang	Kegiatan operasional menjadi terhambat	Peilihan lokasi berlabuh yang aman	6	2	3	36

Setelah mendapatkan nilai RPN masing-masing komponen pada Tabel 7, selanjutnya tentukan presentase risiko tingkat kegagalan *windlass* brdasakan perbandingan jumlah RPN. Besar risiko kegagalan dibagi dengan jumlah total RPN dikalikan 100%, dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. *Ranking Risk Priority Number*

Rank	***Potential Failure Mode***	***S***	***O***	***D***	***RPN***	***Precentage (%)***
1	Cuaca buruk	8	4	5	160	26,67
2	Mesin tidak dapat menyala	9	4	4	144	24,00
3	Mesin minim daya angkat	8	4	4	128	21,33
4	*Windlass* tidak berfungsi	7	2	3	42	7,00
5	Roda gigi macet	7	2	3	42	7,00
6	Jangkar di dasar laut tidak terangkat	6	2	3	36	6,00
7	Rantai di dasar laut tidak terulur	5	2	3	30	5,00
8	*Crew* tidak lengkap/ tidak sesuai	3	3	2	18	3,00

Dari tabel tersebut diketahui *potential failure mode* yang menempati *ranking* 1 adalah cuaca buruk dengan nilai RPN 160 dan presentase 26,67 %. Sedangkan di *ranking* 8 atau paling akhir yaitu *crew* tidak lengkap/ tidak sesuai dengan presentase 3% dan RPN 18.

KESIMPULAN

Analisis kinerja *windlass* di KR. Geomarin III menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) menunjukkan bahwa meskipun terdapat sistem pengendalian untuk meminimalisir kegagalan, beberapa mode kegagalan masih sering terjadi, seperti mesin tidak menyala, cuaca buruk, daya angkat rendah, roda gigi macet, serta kendala pada rantai dan jangkar. Faktor utama penyebab kegagalan berasal dari kelalaian manusia dalam perawatan *windlass*, yang berdampak pada kegagalan mesin, ditambah faktor material dan lingkungan seperti cuaca buruk. Dampaknya meliputi terganggunya operasional kapal, tidak maksimalnya pengoperasian *windlass*, serta perlunya penggantian komponen yang rusak. Hasil analisis FMEA

menunjukkan bahwa dua mode kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi adalah cuaca buruk (RPN 160) dan mesin tidak menyala (RPN 144), sehingga diperlukan upaya perbaikan seperti perawatan rutin dan pengecekan berkala. Untuk meningkatkan kinerja *windlass*, disarankan agar *crew* meningkatkan keterampilan operasional, segera mengganti komponen yang rusak, memperhatikan lokasi berlabuh, serta menerapkan metode FMEA secara berkelanjutan guna mengidentifikasi dan mencegah potensi kegagalan lebih dini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Aslam, M. I., & Faisal, M. (2018). Marine Hydraulic Systems and Winch Design: An Engineering Perspective. Maritime Engineering Press.
[2]mBrown, D. (2019). *Hydraulic System Efficiency in Marine Applications: Challenges and Solutions*. Marine Technologies Publishing.
[3] Gupta, R. K. (2016). *Marine Hydraulic Systems: Theory, Design, and Applications*. Taylor & Francis.
Liu, Q. (2018). "The Role of Regular Maintenance in Improving Hydraulic Winch Efficiency." *Marine Operations Journal*, 22(1), 90-105.
[4] O'Brien, M. (2020). *Hydraulic Power Systems in Marine Engineering*. Wiley.
[5] Robertson, C. (2021). "Energy Efficiency in Shipboard Winches: A Case Study on Hydraulic and Electric Winch Systems." *Journal of Marine Engineering and Technology*, 25(2), 150-167.
[6] Sulaiman, Z., & Hamid, M. (2017). "Impact of Load and Sea Conditions on Ship Winch Performance." *Journal of Maritime Operations and Logistics*, 19(1), 87-98.
[7] Tanaka, H. (2020). *Marine Equipment Performance: Advances in Shipboard Technology*. McGraw-Hill.
[8] Daryanto. (2024). "Application of the Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Method in Shipping Industry." *Journal of Ocean Science and Technology Innovation*, 5(3), 2747-2124.