

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Adapun tahapan dalam metodologi penelitian ini disusun secara sistematis dan terstruktur sebagai pedoman pelaksanaan penelitian, mulai dari identifikasi permasalahan hingga penarikan kesimpulan. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan proses penelitian berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan serta menghasilkan data dan analisis yang valid. Tahapan metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **3.1 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai teori, konsep, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik yang diteliti. Menurut Sugiyono (2019), studi literatur berfungsi sebagai dasar untuk membangun kerangka berpikir yang kuat dan mendukung proses analisis penelitian. Sumber literatur yang digunakan meliputi buku, jurnal ilmiah, artikel penelitian, serta dokumen standar internasional seperti MARPOL Annex I dan BS EN 62740:2015 – Root Cause Analysis (Parra, 2015).

Penelitian ini menerapkan metode Root Cause Analysis (RCA) untuk menelusuri akar penyebab potensi kegagalan sistem *ows* secara sistematis. Metode ini mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antar komponen serta menemukan penyebab mendasar dari suatu kejadian puncak (top event). Menurut (L. N. . Vanden Heuvel et al., 2014), proses RCA teknis secara umum dilakukan sebagai berikut:

1. Penyusunan FBD (*Functional Block Diagram*)
2. Pelaksanaan RCA (*Root Causes Analysis*)
3. Pemilihan Tindakan perawatan (*Corrective Action*)

### 3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, yaitu :

#### 1. Data primer

Data ini akan didapatkan dari objek yang akan diteliti, Teknik pengambilan data primer ini yaitu dengan melakukan observasi dan wawancara :

- a. Observasi, melakukan pengamatan secara langsung terhadap sistem Oily Water Separator di kapal untuk memahami cara kerja komponen, alur proses pemisahan air dan minyak, serta potensi terjadinya kegagalan pada komponen utama seperti pompa, sensor, dan *Oil Content Meter* (OCM).
- b. Wawancara dilakukan dengan tujuh narasumber, yang terdiri dari enam crew engine room sebagai perwakilan pihak operator sistem OWS dan satu Kepala Facility Yard galangan sebagai perwakilan pihak manajemen teknis. Wawancara bertujuan untuk memperoleh informasi terkait prosedur operasi, perawatan rutin, serta pengalaman dalam menangani gangguan pada sistem OWS. Hasil wawancara digunakan sebagai data primer pendukung dalam proses identifikasi akar penyebab kegagalan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA).

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber yang tidak langsung, seperti data historis perusahaan yang berisi technical book, instruction/operational manual book yang digunakan sebagai

referensi dalam memahami prinsip kerja, spesifikasi komponen, serta prosedur operasi sistem. Seluruh data tersebut dianalisis secara sistematis dengan pendekatan RCA menggunakan bantuan diagram FBD, 5 why Method, dan Diagram Ishikawa untuk menemukan akar penyebab dan memberikan rekomendasi perbaikan yang tepat.

### 3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk mendukung penerapan metode *Root Cause Analysis* (RCA) dalam memperoleh hasil analisis potensi kegagalan pada sistem Oily Water Separator. Proses pengolahan data mencakup tahap identifikasi sistem, analisis fungsi, penelusuran penyebab kegagalan, hingga penentuan akar permasalahan secara menyeluruh, Maka dari itu diperlukannya tahapan analisis terstruktur dalam metode RCA menurut (L. N. . Vanden Heuvel et al., 2014), proses RCA teknis secara umum dilakukan sebagai berikut:

#### 1. Identifikasi Masalah (*Problem Identification*)

Pada identifikasi masalah ini, peneliti melakukan pengamatan langsung terhadap sistem untuk mengenali fenomena gangguan atau penyimpangan fungsi sistem yang dapat mempengaruhi kinerja alat.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap Sistem Oily Water Separator (OWS) di kapal, Sistem Oily Water Separator (OWS) pada kapal ferry Virgo Transport 8 telah berada dalam kondisi tidak aktif sejak 1987 karena regulasi pembuangan limbah berminyak di Jepang, sehingga belum pernah dioperasikan sejak saat itu. Oleh karena itu, pengamatan awal difokuskan pada inspeksi fisik dan

evaluasi kondisi komponen utama, seperti koaleser, tangki separator, pipa, seal pompa, dan sensor Oil Content Meter (OCM) 15 ppm. Hasil pemeriksaan menunjukkan adanya potensi masalah yang dapat memengaruhi kinerja sistem saat dihidupkan, antara lain korosi pada koaleser, pengendapan sludge, kebocoran seal pompa, dan kemungkinan gangguan pada sensor, yang semuanya berisiko menyebabkan kegagalan fungsi OWS. Maka dari itu, penelitian difokuskan pada analisis akar penyebab potensi kegagalan OWS guna mengetahui penyebab utama dari kegagalan fungsi tersebut.

## 2. Pembuatan FBD (*Functional Block Diagram*)

Tahap penyusunan Functional Block Diagram (FBD) merupakan langkah fundamental dalam memvisualisasikan arsitektur sistem. FBD berfungsi untuk menggambarkan keterkaitan logis antara berbagai fungsi utama dan komponen-komponen pembentuk sistem Oily Water Separator (OWS). Dengan menampilkan keterhubungan ini, FBD memfasilitasi pemahaman yang cepat dan jelas mengenai struktur operasional sistem, serta bagaimana setiap bagian saling bergantung untuk mencapai tujuan fungsionalnya. FBD juga menguraikan urutan kerja dan mekanisme pengaturan di antara berbagai fungsi yang membentuk sistem kendali otomatis OWS. Representasi alur kerja ini memberikan wawasan mendalam yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai dasar penyusunan strategi perawatan preventif (Azhari et al., 2024). Oleh karena itu, pembuatan FBD memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi secara terperinci proses kerja setiap subsistem dan memahami cara operasi keseluruhan OWS. Pemahaman alur kerja normal ini sangat penting sebagai titik referensi.

### 3. Analisis RCA (*Root Cause Analysis*)

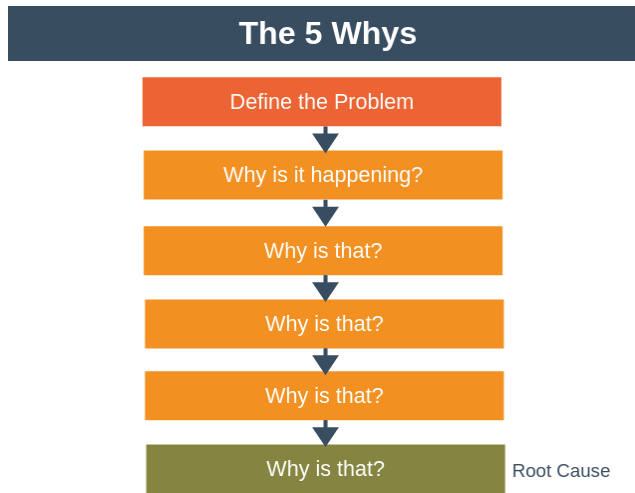
Pada tahapan ini merupakan proses utama dalam pengolahan data untuk memperoleh faktor faktor penyebab terjadinya potensi kegagalan pada sistem Oily Water Separator (OWS) pada kapal Ferry Virgo Transport 8 yang telah tidak aktif sejak 1987. Analisis ini menggunakan metode rca dengan pendekatan kualitatif deskriptif berbasis bukti teknis dan observasi lapangan untuk mengetahui akar permasalahan dari penyebab fenomena gangguan fungsi pada katup pembuangan otomatis, meskipun Oil Content Meter (OCM) menunjukkan kadar minyak yang telah berada di bawah ambang batas. Metode RCA dipilih karena mampu menelusuri sumber permasalahan secara sistematis melalui pendekatan logis dan berbasis bukti teknis (*evidence-based*).

Analisis yang dilakukan sama peneliti kali ini menggunakan dua alat bantu utama, yaitu *5 Why Method* dan *Fishbone Diagram* (Diagram Ishikawa). Kedua teknik pendekatan ini digunakan untuk memahami hubungan antara faktor penyebab kegagalan dan untuk menelusuri akar permasalahan sistematis. Pada pendekatan ini diharapkan dapat membantu mengidentifikasi penyebab yang paling berpengaruh terhadap kinerja sistem, sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan tindakan korektif. Menurut buku panduan (Parra, 2015) dalam menganalisis RCA menggunakan alat bantu berikut ini:

#### a. Penerapan 5 Why Methode

Metode 5 Why digunakan untuk menggali penyebab mendasar dari suatu permasalahan dengan mengajukan

pertanyaan: mengapa katup pembuangan tidak membuka secara otomatis meskipun sensor *Oil Content Meter (OCM)* menunjukkan kadar minyak telah berada di bawah ambang batas aman untuk dibuang.



Gambar 3. 1 5 Why Methode (Sumber teamsense.com)

#### b. Pembuatan Diagram Fishbone

Untuk memperkuat hasil dari metode 5 Why, perlu menggunakan fishbone Diagram untuk memetakan kemungkinan penyebab kegagalan sistem secara lebih terstruktur. Diagram ini menggambarkan hubungan antara faktor faktor yang menyebabkan terjadinya peristiwa utama (Top Event), dan mengelompokkan penyebab tersebut dalam kategori utama. Berikut langkah langkah pembuatan fishbone diagram menurut panduan (Parra, 2015):

##### 1. *Define The Problem* (Menentukan Masalah Utama)

Langkah pertama ialah mendefinisikan secara jelas masalah atau kejadian yang akan dianalisis. Setelah itu, masalah ini ditulis sebagai “efek” di sisi kanan diagram, yang menjadi fokus utama RCA.

2. *Establish the Main Structure* (Pembuatan Struktur Utama Diagram)

Setelah masalah ditentukan, dibuat garis utama secara horizontal sebagai tulang punggung diagram. Pada ujung kanan garis ini dituliskan permasalahan utama, sedangkan di sisi kiri akan dibuat cabang-cabang penyebab yang mengarah ke garis utama tersebut.

3. *Identify Major Cause Categories* (Penetapan Kategori Penyebab)

Langkah berikutnya adalah mengelompokkan kemungkinan penyebab ke dalam kategori utama. Berdasarkan pendekatan teknik yang direkomendasikan, penyebab biasanya dapat dikelompokkan menurut enam faktor utama (6 M categories), yaitu:

- a. *Man* (Manusia): berkaitan dengan keterampilan operator, kesalahan prosedur, atau kurangnya pelatihan.
- b. *Machine* (Mesin): meliputi kerusakan sensor, gangguan aktuator, atau malfungsi pada sistem kontrol otomatis.
- c. *Method* (Metode): mencakup ketidaksesuaian

prosedur operasi dan perawatan rutin yang tidak konsisten.

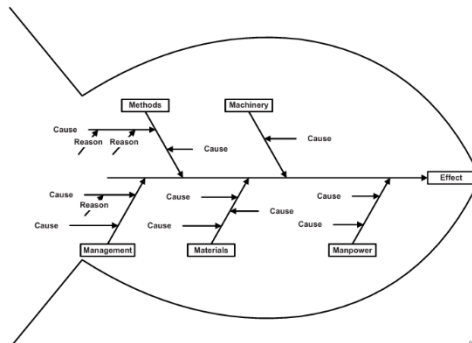
- d. *Material* (Bahan): melibatkan kualitas fluida, adanya endapan minyak, atau kontaminasi air hasil pemisahan.
  - e. *Measurement* (Pengukuran): berkaitan dengan keakuratan pembacaan alat, terutama kalibrasi *Oil Content Meter* (OCM).
  - a. *Environment* (Lingkungan): berhubungan dengan faktor eksternal seperti suhu tinggi, kelembapan, dan kondisi ruang mesin
4. *Draw Main Branches* ( Penggambaran Cabang Utama)

Dari garis horizontal utama, dibuat cabang-cabang diagonal ke arah kiri atas dan kiri bawah untuk masing-masing kategori penyebab yang telah diidentifikasi. Setiap cabang mewakili kategori utama dan berfungsi sebagai dasar untuk menambahkan sub-penyebab yang lebih spesifik.

5. *Identify Sub-Causes* (Penentuan Subpenyebab)

Untuk setiap cabang utama, tambahkan sub-penyebab berdasarkan hasil pengumpulan data teknis, pengamatan di lapangan, dan wawancara dengan teknisi kapal. Sub-penyebab ini menjelaskan kondisi yang lebih rinci yang secara langsung mempengaruhi terjadinya masalah utama.

6. *Analyze and Evaluate the Diagram* (Analisis dan Evaluasi Diagram)



Gambar 3. 2 *Diagram Fishbone* (Sumber [researchgate.net](http://researchgate.net))

Setelah semua kategori dan sub-sebab telah diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menganalisis hubungan antara penyebab untuk menentukan faktor-faktor yang paling signifikan terhadap terjadinya masalah. Proses evaluasi dilakukan dengan meninjau hubungan antara faktor-faktor dan membandingkannya dengan data teknis serta prosedur operasional. Hasil dari tahap ini akan digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama.

C. *Matrix Risk Diagram*

		<i>Impact (Consequence)</i>				
		<i>insignificant</i>	<i>minor</i>	<i>moderate</i>	<i>major</i>	<i>catastrophic</i>
Likelihood	<i>Almost certain</i>	5	10	15	20	25
	<i>Likely</i>	4	8	12	16	20
	<i>Possible</i>	3	6	9	12	15
	<i>Unlikely</i>	2	4	6	8	10
	<i>Rare</i>	1	2	3	4	5

Gambar 3. 3 *Matrix Risk Diagram* (Sumber [intechopen.com](http://intechopen.com))

Diagram ini digunakan untuk memetakan tingkat keparahan (*severity/impact*) dan kemungkinan terjadinya (*likelihood*) dari setiap potensi kegagalan. Sehingga peneliti dapat menentukan prioritas tindakan korektif yang perlu dilakukan. Berikut langkah-langkah pembuatan matriks risiko:

1. Identifikasi Risiko (*Risk Identification*)

Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi seluruh potensi risiko berdasarkan hasil analisis *Fishbone Diagram* dan *5 Why Method*.

2. Penilaian Kemungkinan (*Likelihood*)

Setiap risiko yang telah diidentifikasi kemudian dinilai berdasarkan seberapa besar kemungkinan risiko tersebut terjadi apabila sistem dioperasikan tanpa verifikasi teknis selama operasi sistem. Penilaian dilakukan dengan menggunakan skala numerik 1-5 dengan kategori berikut:

Table 3. 1 Penilaian Kemungkinan (Likelihood)

<i>Skor</i>	<i>Kategori</i>	<i>Keterangan</i>
1	Sangat Rendah	Kemungkinan kejadian sangat kecil
2	Rendah	Kemungkinan rendah
3	Sedang	Dapat terjadi dalam kondisi tertentu
4	Tinggi	Kemungkinan besar terjadi jika tidak ada kontrol
5	Sangat Tinggi	Sangat berpotensi terjadi

3. Penilaian Dampak (*Impact Assessment*)

Penilaian dampak dilakukan untuk menentukan seberapa besar konsekuensi yang ditimbulkan jika

risiko tersebut benar- benar terjadi. Penilaian dilakukan dengan menggunakan skala numerik 1-5 dengan kategori berikut:

Table 3. 2 Penilaian Dampak (Impact Assessment)

<i>Skor</i>	<i>Kategori</i>	<i>Keterangan</i>
1	Rendah	Tidak berdampak signifikan terhadap sistem
2	Sedang	Gangguan ringan yang dapat segera diperbaiki
3	Signifikan	Mengganggu fungsi sistem sementara
4	Tinggi	Menyebabkan gangguan besar pada fungsi sistem
5	Sangat Tinggi	Mengakibatkan kegagalan fungsi sistem secara keseluruhan

#### 4. Perhitungan Skor Risiko (*Risk Score Calculation*)

Skor risiko diperoleh dengan mengalihkan nilai kemungkinan (likelihood) dengan nilai dampak (impact):

$$\text{Risk Score} = \text{Likelihood} \times \text{Impact}$$

Gambar 3. 4 Perhitungan skor resiko

Semakin tinggi skor yang diperoleh, semakin besar prioritas penanganan risiko tersebut dalam proses perawatan dan inspeksi sistem OWS.

#### 5. Penyusunan Diagram Matriks Risiko (*Risk Matrix Construction*)

Setelah nilai risiko dihitung, hasilnya dimasukkan ke dalam *Matrix Risk Diagram* yang menggambarkan hubungan antara nilai *Likelihood* dan *Impact*. Diagram ini berbentuk tabel dua dimensi, dengan sumbu horizontal mewakili *likelihood* dan sumbu vertikal mewakili *impact*. Tingkat risiko diklasifikasikan berdasarkan warna dan skor, seperti berikut.

Table 3. 3 Penilaian Diagram Matriks Risiko

Warna	Kategori Risiko	Skor	Keterangan
Hijau	Rendah	$\leq 7$	Risiko dapat diterima, pengawasan rutin
Kuning	Sedang	8–14	Perlu pemantauan dan tindakan korektif periodik
Merah	Tinggi	$\geq 15$	Prioritas utama untuk mitigasi segera

#### 6. Pemilihan Tindakan (*Corrective Action*)

Hasil risk matrix digunakan sebagai dasar penentuan prioritas tindakan perbaikan. Tahapan ini bertujuan untuk menentukan langkah-langkah perbaikan yang tepat guna mencegah terulangnya kembali permasalahan serupa serta meningkatkan keandalan sistem Oily Water Separator (OWS).

#### 4. Lifetime Oily Water Separator (OWS).

Pada tahapan ini dilakukan proses pengolahan data untuk menentukan umur pakai (lifetime) komponen sistem Oily Water Separator (OWS) pada kapal *Ferry Virgo Transport 8* yang berada dalam kondisi tidak aktif sejak tahun 1987. Penentuan lifetime dilakukan untuk menilai penurunan fungsi komponen yang dipengaruhi oleh faktor usia serta potensi kegagalan yang berdampak terhadap kinerja sistem OWS. Mengingat keterbatasan data jam operasi historis dan tidak tersedianya informasi umur pakai numerik dari pabrikan, maka analisis lifetime difokuskan pada estimasi umur pakai fungsional berdasarkan kondisi aktual dan mekanisme kegagalan komponen.

Proses penentuan umur pakai komponen dilakukan melalui beberapa tahapan analisis yang mencakup identifikasi kondisi aktual sistem, penentuan komponen kritis, serta evaluasi degradasi fungsi terhadap kriteria kegagalan sistem. Hasil analisis ini digunakan untuk memperoleh gambaran umur pakai fungsional komponen pada kondisi sistem yang telah mengalami periode idle jangka panjang sejak tahun 1987. Tahapan penentuan lifetime komponen OWS dijelaskan sebagai berikut:

##### a. Penentuan Komponen

Penentuan komponen sistem Oily Water Separator (OWS) dilakukan sebagai tahap awal untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai elemen penyusun sistem. Pada tahap ini, Pengelompokan komponen sistem Oily

Water Separator (OWS) dilakukan untuk memudahkan proses analisis umur pakai dengan memahami peran masing-masing komponen dalam sistem secara fungsional. Pengelompokan ini bertujuan untuk memberikan struktur yang jelas dalam pengolahan data serta mendukung analisis pada tahap selanjutnya.

b. Pengelompokan Komponen OWS Berdasarkan Jenis Material

Pada tahap ini dilakukan identifikasi material dominan yang menyusun masing-masing komponen sistem Oily Water Separator (OWS). Identifikasi material dilakukan untuk memberikan dasar dalam analisis degradasi material pada tahap selanjutnya, mengingat penurunan kondisi komponen pada sistem yang berada dalam kondisi idle jangka panjang lebih dipengaruhi oleh karakteristik material dibandingkan oleh beban operasi.

Table 3. 4 Jenis Material dan Fungsi Umum pada Sistem OWS

Jenis Material	Fungsi Umum dalam Sistem
Baja karbon	Struktur, pipa, sambungan
Baja tahan karat	Media internal, pelat
Kuningan	Badan katup
Elastomer (karet)	Perapat dan penyekat
Polimer	Housing dan pelindung
Material elektronik	Sensor dan sistem kontrol

Tabel di atas menyajikan jenis material yang secara umum digunakan dalam sistem OWS beserta fungsi umumnya. Jenis material yang telah diidentifikasi pada tahap ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis mekanisme degradasi material akibat kondisi idle jangka panjang, dengan mempertimbangkan karakteristik masing-masing material terhadap faktor usia dan lingkungan.

c. Penentuan Degradasi Material

Setelah jenis material yang digunakan dalam sistem Oily Water Separator (OWS) diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi mekanisme degradasi yang berpotensi terjadi pada material tersebut akibat kondisi idle jangka panjang. Pada tahap ini, degradasi dipahami sebagai perubahan sifat fisik maupun kimia material yang dapat menurunkan kemampuan material dalam mendukung fungsi sistem

d. Hasil Estimasi Lifetime

Tahap analisis selanjutnya dapat ditentukan tindakan yang sesuai berdasarkan kondisi nyata material. Dengan pendekatan ini, pemilihan tindakan teknis tidak bersifat subjektif, melainkan mengikuti hubungan logis antara material, degradasi, dan respons teknis yang tepat

Table 3. 5 Rekomendasi Tindakan Teknis Berdasarkan Kondisi Material

Tindakan	Status Material
Penggantian	Baru
Pembersihan ringan	Lama – dipulihkan
Kalibrasi	Fungsional
Tidak ada tindakan	Terdegradasi

Penentuan umur pakai komponen dalam penelitian ini didasarkan pada tindakan teknis yang diterapkan terhadap kondisi material. Umur pakai dipahami sebagai umur pakai fungsional yang dihitung sejak material atau komponen berada dalam kondisi layak setelah dilakukan tindakan teknis yang sesuai. Dengan pendekatan ini, umur pakai tidak ditentukan berdasarkan usia kalender awal, melainkan berdasarkan kondisi material pasca pemulihan atau penggantian.

Table 3. 6 Dasar Penentuan Lifetime Komponen OWS

Status Material	Dasar Penentuan Lifetime
Material baru	Umur desain / standar material
Material lama – dipulihkan	Sisa umur pakai konservatif
Elektronik terkalibrasi	Umur layanan komponen
Material terdegradasi	Tidak direkomendasikan

### 3.4 Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini berisi tentang hasil analisa dari langkah sistematis metode RCA (*Root Cause Analysis*) yang sudah diolah seperti:

1. Hasil Analisis *Functional Block Diagram* (FBD)
2. Hasil Analisis 5 Why
3. Hasil Fishbone Diagram
4. Hasil Matrix Risk Diagram
5. Hasil (*Corrective Action*)
6. Hasil Penentuan Lifetime

### **3.5 Kesimpulan**

Tahap kesimpulan menjadi bagian akhir dari penelitian yang merangkum hasil analisis dan pembahasan. Pada bagian ini disajikan inti temuan yang secara sistematis menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan, sehingga memberikan gambaran akhir mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan.

### 3.6 Flowchart

