

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pendingin pada kapal, khususnya pada kapal *Landing Craft Tank (LCT)* seperti LCT Adelia 8012, memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kinerja mesin induk dan sistem lainnya. Mesin diesel yang digunakan dalam kapal ini menghasilkan panas yang signifikan selama operasional, sehingga memerlukan sistem pendingin yang efisien untuk mencegah overheating. Penggunaan air laut sebagai media pendingin adalah praktik umum di industri maritim. Namun, penggunaan air laut juga membawa tantangan tersendiri, terutama dalam bentuk pertumbuhan organisme laut yang dikenal sebagai marine growth.

Kapal *Landing Craft Tank (LCT)* Adelia 8012 beroperasi di perairan Indonesia dan memiliki peran penting dalam transportasi barang dan logistik. Sebagai kapal yang menggunakan mesin diesel, sistem pendingin merupakan komponen krusial yang bertugas menjaga suhu mesin agar tetap dalam batas aman. Sistem pendingin ini umumnya memanfaatkan air laut sebagai media untuk menyerap panas dari mesin. Namun, penggunaan air laut juga membawa risiko, terutama terkait dengan pertumbuhan organisme laut yang dikenal sebagai marine growth.

Marine growth dapat menyebabkan penyumbatan pada saluran pendingin, yang berdampak langsung terhadap kinerja mesin. *Marine Growth Prevention System (MGPS)* dirancang untuk mencegah akumulasi organisme laut di dalam sistem pendingin. Meskipun sistem ini sangat penting, kegagalan pada MGPS sering kali terjadi akibat berbagai faktor, seperti kurangnya pemeliharaan, kerusakan komponen, atau pengaturan sistem yang tidak tepat. Ketika MGPS gagal berfungsi dengan baik, marine growth dapat berkembang biak di dalam pipa dan komponen lainnya, menyebabkan penyumbatan yang mengganggu aliran air pendingin.

Pada LCT Adelia 8012, insiden penyumbatan strainer telah dilaporkan beberapa kali. Penyumbatan ini terjadi ketika marine growth menghalangi aliran air laut ke dalam sistem pendingin. Investigasi awal menunjukkan bahwa penyumbatan pada strainer disebabkan oleh akumulasi organisme laut yang tidak terdeteksi sebelumnya. Akibatnya, aliran air ke mesin menjadi terhambat, menyebabkan suhu mesin meningkat secara signifikan. Kejadian ini tidak hanya mengganggu operasional kapal tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan permanen pada komponen vital seperti silinder dan pompa air.

Kegagalan MGPS pada LCT Adelia 8012 menunjukkan pentingnya pemeliharaan dan pengawasan rutin terhadap sistem ini. Dalam banyak kasus, kegagalan pada MGPS disebabkan oleh kurangnya prosedur pemeliharaan yang jelas dan tidak adanya pengawasan terhadap kondisi sistem. Misalnya, tidak adanya pemeriksaan berkala terhadap anoda dan komponen lainnya dapat menyebabkan akumulasi marine growth yang signifikan. Selain itu, penggunaan bahan kimia yang tidak tepat atau tidak memadai dalam sistem MGPS juga dapat memperburuk situasi.

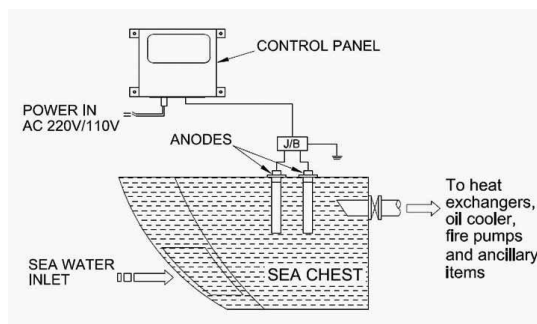
Oleh karena itu mengingat betapa pentingnya sistem pendingin air laut dalam pengoprasian kapal, maka penulis tertarik mengulas dan mengangkat masalah tentang

Analisis Penyebab Kegagalan *Marine Growth Prevention System (MGPS)* untuk sistem pendingin air laut pada kapal.

1.2 Teori

1.2.1 *Marine Growth Prevention System (MGPS)*

MGPS adalah suatu sistem yang diterapkan di kapal untuk menghambat pertumbuhan *marine growth*, yaitu sekumpulan hewan atau tumbuhan laut yang tumbuh dan berkoloni di permukaan bangunan di dalam laut yang dapat menyebabkan terjadinya korosi, yang jika tidak diatasi berlarut-larut akan mengakibatkan kerusakan pada main engine maupun permesinan bantu lainnya. Hernandar (2009) menjelaskan bahwa *marine growth* dikenal sebagai sekumpulan hewan atau tumbuhan laut yang tumbuh dan berkoloni di permukaan bangunan/struktur di dalam laut, dimana kondisi suhu, bahan makanan/nutrisi, faktor pH (derajat keasaman) dan kondisi lingkungan lain cocok bagi pertumbuhan mereka. Tumbuhnya *marine growth* pada permukaan bangunan ini dapat menimbulkan berbagai masalah. (Ahmad Fachroini & Dwisetiono, 2022).



Gambar 1 Sistem *MGPS* pada Sea Chest

Sistem pencegahan pertumbuhan laut "*MGPS*" Menggunakan panel saklar daya tegangan rendah yang didistribusikan ke anoda yang bersentuhan langsung dengan cairan pada pendingin air laut di jaringan pipa untuk mencegah pertumbuhan biota laut dan mengurangi keasaman cairan yang terkait dengan proses korosi di sepanjang air laut. Karena organisme laut berkembang, mereka menghalangi dan mempersempit saluran air pendingin di sistem kapal sehingga menghasilkan faktor berikut :

- Mengurangi sistem perpindahan panas
- Overheating beberapa mesin berpendingin air
- Kenaikan laju korosi dan penipisan pipa
- Mengurangi efisiensi yang dapat menyebabkan hilangnya kecepatan kapal dan kehilangan waktu

Marine Growth Grevention System (MGPS) adalah sistem yang digunakan untuk mencegah pertumbuhan organisme laut (*marine growth*)

pada lambung kapal dan sistem perpipaan air laut. Marine growth dapat menyebabkan berbagai masalah seperti :

- Penurunan performa kapal
- Korosi
- Penyumbatan pada saluran pipa

1.2.2 Jenis – Jenis *Marine Growth Prevention System (MGPS)*

Berikut ini adalah komponen-komponen pada sistem pendingin mesin induk, yaitu sebagai berikut:

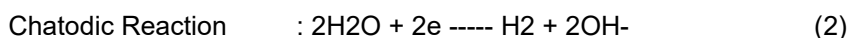
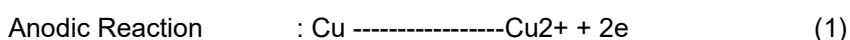
1. Sistem *Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)*
 - Sistem ini menggunakan arus listrik untuk melindungi lambung kapal dan sistem perpipaan air laut dari korosi
 - Arus listrik dialirkan dari anoda ke katoda, yang akan menghasilkan ion logam yang melindungi permukaan logam dari korosi
 - Anoda terbuat dari logam yang mudah terkorosi seperti magnesium atau aluminium, sedangkan katoda terbuat dari logam yang tahan seperti baja.
2. Sistem *Anti – Fouling Paint*
 - Sistem ini menggunakan cat khusus yang mengandung biocide untuk mencegah pertumbuhan organisme laut.
 - Biocide adalah zat yang dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan organisme laut.
 - Cat anti – fouling perlu diaplikasikan secara berkala untuk menjaga efektivitasnya.
3. Sistem *Ultraviolet (UV)* :
 - Sistem ini menggunakan sinar UV untuk membunuh organisme laut.
 - Sinar UV dapat merusak DNA organisme laut dan menghambat pertumbuhannya.
 - Sistem UV biasanya digunakan pada sistem perpipaan air laut.
4. Sistem *Biofouling Control (BFC)*
 - Sistem ini menggunakan metode biologi untuk mengendalikan pertumbuhan organisme laut.
 - BFC dapat menggunakan predator alami organisme laut seperti bakteri atau mikroorganisme.
 - BFC juga dapat menggunakan enzim atau biomolekul untuk menghambat pertumbuhan organisme laut.

1.2.3 Prinsip Kerja *Marine Growth Prevention System (MGPS)*

Sistem ini terdiri dari sepasang tembaga dan aluminium yang disebut anoda. Anoda tembaga menghasilkan ion yang mengalir melalui media cairan (air laut pendinginan) yang bersentuhan langsung dengannya. Dan ion

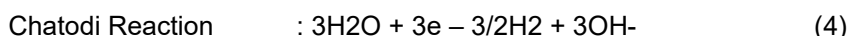
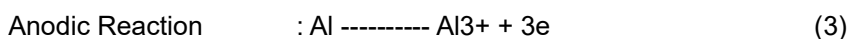
tersebut berpotensi menghambat pertumbuhan kerang dan teritip di sepanjang range aliran arus anoda. Sepasang anoda dipasang pada *Sea Chest* atau sistem *Heat Exchanger*. Anoda ini dihubungkan oleh kabel dengan panel control (220V) yang mengalirkan arus listrik ke anoda. Karena anoda kelebihan muatan elektron, maka hal ini menyebabkan tembaga dan aluminium melepaskan ion negatifnya. Ion-ion ini terbawa dalam arus air laut yang mengalir dalam pipa dan membuat kondisi lingkungan yang tidak ramah terhadap biota pencemar tersebut untuk berkembang-biak. Larva-larva biota tersebut akan mati karena kondisi pH yang tidak memungkinkan untuk berkembang biak dan akhirnya dibuang lagi ke laut. Ion dari aluminium membentuk aluminium hidroksida melapisi lapisan pipa dan secara signifikan mencegah korosi. Nilai potensial elektroda yang lebih kecil dari unsur Fe dapat menyebabkan menempelnya aluminium hidroksida pada lapisan permukaan dalam pipa. Sehingga permukaan pipa yang harusnya secara langsung bersentuhan dengan air laut, dilindungi oleh lapisan film aluminium hidroksida. Proses korosipun dapat dikurangi secara signifikan yang pada akhirnya pipa akan menjadi lebih bersih dengan usia pakai lebih lama serta dapat menghemat biaya pemeliharaan. (Risdianto et al., 2023)

Tanpa perlindungan pipa anti-fouling, pipa bisa saja penuh dengan organisme yang lama kelamaan dapat mengakibatkan penyumbatan dan pengerosan sehingga mengurangi efisiensi sistem pada instalasi pipa. Sistem ini menghasilkan ion anti-fouling menggunakan anoda paduan khusus. Ada dua jenis yang dikenal sebagai anoda CU (Tembaga) dan anoda AL (Aluminium). Anoda CU (Tembaga) diproduksi dari tembaga sebagai komponen utama pada sistem. Anoda tembaga menghasilkan ion yang kemudian diangkut oleh air laut dan dibawa ke sistem air laut melalui pipa-pipa untuk mencegah pertumbuhan marine growth. Anoda tembaga melepaskan ion selama elektrolisis sebagai reaksi berikut:



Bagi permesinan *Marine Growth Prevention System* (Mgps) yang berjenis anode mounted in treatment tank air laut hasil elektrolisis kedua anode (Cu dan Al) yang sudah mengandung ion-ion ini lalu diinjeksikan dari Treatment tank ke jarum-jarum injeksi (injection nozzle) yang dipasang pada setiap sea chest dan scoop system untuk melindungi *condenser*, *cooler*, dan pipa-pipa air laut dari pengarat dan penyumbatan pipa yang disebabkan oleh pertumbuhan organisme laut tersebut.

Anoda (Aluminium) disediakan sebagai bagian tambahan untuk sistem. Pada reaksi anoda aluminium secara perlahan menghasilkan ion yang menyebar ke seluruh sistem dan menghasilkan lapisan anti korosif pada permukaan internal jalur pendinginan air laut. Mereka melepaskan ion selama elektrolisis sebagai reaksi berikut:



Pada sistem *Marine Growth Prevention System (MGPS)* yang menggunakan anoda yang dipasang di tangki perlakuan air laut, kedua anoda (Cu dan Al) menghasilkan ion-ion melalui proses elektrolisis. Ion-ion ini kemudian diinjeksikan dari tangki perlakuan ke jarum-jarum injeksi (injection nozzle) yang dipasang pada setiap sea chest dan sistem scoop. Tujuannya adalah untuk melindungi kondensor, cooler, dan pipa-pipa air laut dari korosi dan penyumbatan yang disebabkan oleh pertumbuhan organisme laut.

1.2.4 Komponen – komponen pada *Marine Growth Prevention System (MGPS)*

Berikut ini adalah komponen – komponen yang terdapat pada *Marine Growth Prevention System* (Widada et al., 2022)

1. *Power Control Panel*

Komponen ini terdiri dari rangkaian receiver untuk merubah suplai arus bolak-balik atau Alternating Current (AC) menjadi arus listrik searah atau Direct Current (DC) untuk kebutuhan suplai arus ke electrode cell, dan kontrol rangkaian untuk starting atau stopping operation.

2. *Junction Box*

Junction Box atau kotak sambungan listrik merupakan wadah untuk sambungan (wiring) listrik, yang digunakan untuk menyembunyikan kumpulan jaringan kabel dari pandangan dan mencegah gangguan dari luar. Untuk *MGPS*, *junction box* berguna untuk mendistributorkan aliran listrik ke setiap anode.

3. *Anodes Assembly atau Electrode Cell*

Terdiri dari CU (Tembaga) dan AL (Aluminium) yang terpasang pada Treatment Tank. Anoda terhubung oleh arus listrik yang akan menyebarkan listrik untuk proses elektrolisis.

4. *Pump*

Pompa adalah suatu alat yang berfungsi memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan fluida tersebut.

5. *Pipe*

Pipa merupakan silinder berongga yang digunakan untuk mengalirkan fluida cairan atau gas.

6. *Electrolytic Cell*

- a. *Upper chamber* (ruang bagian atas)
- b. *Lower chamber* (ruang bagian bawah)
- c. *Electrode cassette* (kepingan electrode)

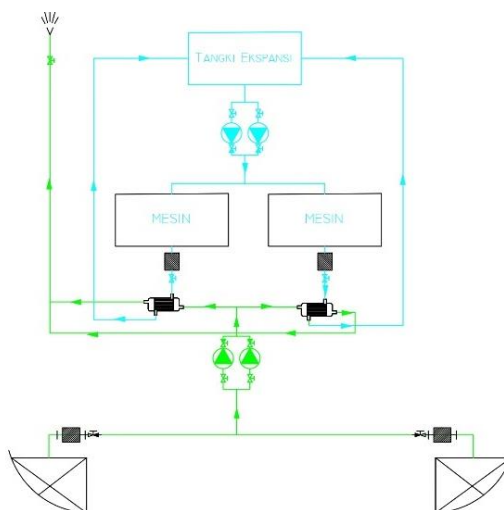
1.2.5 Air Laut

Air laut adalah air murni di mana terdapat padatan dan gas yang berada didalamnya. Salah satu contoh air laut berukuran 1000 gr akan mengandung sekitar 35 g intensitas penguraian yang semuanya disebut garam. Dengan demikian, sekitar 96.5% air laut adalah air murni dan 3.5% telah terurai. (Umasugi et al., 2021)

Para peneliti dalam ilmu kehidupan laut dan oseanografi pada umumnya suka menyatakan rasa asin dalam satuan satu per seribu (‰). Dengan demikian, uji 1000 g air laut yang mengandung 35 g senyawa yang dipecah memiliki rasa asin 35‰. Zat terlarut menggabungkan garam anorganik, campuran alami yang didapat dari organisme hidup, dan gas yang terlarut. (Asmoko, 2017)

1.2.6 System Pendingin Air Laut

Sistem pendingin pada kapal LCT Adelia 8012 dirancang untuk menjaga suhu mesin agar tetap dalam batas yang optimal, mencegah overheating, dan memastikan efisiensi operasional. Pendinginan merupakan media yang menyerap kalor.



Gambar 2. Sistem Pendingin air laut Kapal LCT Adelia 8012

Panas pada mesin induk berasal dari pembakaran bahan bakar dalam silinder, dan sistem pendingin terdiri dari beberapa komponen seperti pendingin, pompa sirkulasi air tawar, pompa air laut, filter air laut, dan sea chest. Sistem pendingin ini sering kali tidak memberikan hasil yang optimal, sehingga air pendingin sangat penting untuk menjaga kinerja mesin. Terdapat dua jenis sistem pendingin: sistem pendingin terbuka, yang menggunakan air laut secara langsung sebagai media pendingin, dan sistem pendingin tertutup, yang menggunakan air tawar yang bersirkulasi untuk mendinginkan mesin. (Widada et al., 2022). Sistem pendingin pada kapal LCT Adelia 8012

dirancang untuk menjaga suhu mesin agar tetap dalam batas yang optimal, mencegah overheating, dan memastikan efisiensi operasional.

Sistem pendingin tertutup menggunakan air tawar yang disirkulasikan oleh pompa untuk mendinginkan mesin induk. Air tawar bersirkulasi dari pompa ke mesin, melalui pendingin (radiator sentral), dan kembali ke pompa. Tangki ekspansi berfungsi untuk mencegah udara dalam sistem yang dapat mempengaruhi kinerja. Pendinginan dilakukan oleh central cooler yang menggunakan air laut, di mana air laut dihisap oleh pompa, masuk ke central cooler, dan kemudian dibuang kembali ke laut. (Risdianto et al., 2023).

Sistem pendingin terbuka menggunakan air laut sebagai media pendingin, yang langsung kembali ke laut setelah mendinginkan komponen mesin tanpa sirkulasi. Untuk menjaga mesin tetap berfungsi dengan baik, media pendingin harus didistribusikan dengan tekanan konstan ke seluruh komponen mesin, seperti cylinder jacket cooling dan condenser. Seperti uraian dalam NSOS, (2006:25) dalam buku “Manajemen Perawatan dan Perbaikan Motor Diesel Penggerak Kapal” menyatakan bahwa tujuan pendinginan adalah untuk: Mencapai tenaga optimal

- a. Mengurangi terjadinya kerusakan mesin
- b. Mempertahankan temperatur agar bekerja dalam kondisi normal
- c. Daya tahan mesin atau bahan material lebih lama

Adapun komponen – komponen yang digunakan untuk sistem pendingin pada kapal LCT Adelia 8012 yaitu :

1. *Cooler*

Cooler adalah alat yang mencegah overheating dengan mendinginkan fluida panas menggunakan media cairan dingin, memungkinkan perpindahan panas tanpa perubahan suhu.



Gambar 3 *Cooler*

2. Pompa

Pompa air laut adalah komponen dalam sistem pendingin yang berfungsi untuk mensirkulasikan air laut ke jalur pendingin yang memerlukan. Jenis pompa ini biasanya adalah pompa sentrifugal, yang menghasilkan aliran tetap sesuai dengan putaran mesin. Putaran pompa dihasilkan oleh crankshaft melalui pulley atau idle gear, sehingga kecepatan aliran air laut dipengaruhi oleh putaran mesin.



Gambar 4. Pompa

Sumber : <https://badjaabadisentosa.com/tentang-pompa-sentriugal-centrifugal-pump/detail>

3. Saringan (*Strainer*)

Strainer adalah sebuah alat berbentuk kotak atau silinder seperti yang terlihat yang umumnya dipasang di dalam pipa menuju mesin utama, pipa menuju mesin bantu (auxiliary engine) atau jalur by pass. Fungsinya adalah untuk menangkap kotoran dari air laut. Di dalam strainer, terdapat filter yang bertugas menyaring kotoran.



Gambar 5. *Strainer* pada kapal

4. Pipa

Pipa adalah batang silinder berongga yang dirancang untuk mengalirkan zat cair, uap, gas, atau zat padat dari satu tempat ke tempat lain. Pipa ini dapat terbuat dari berbagai material seperti baja, tembaga, kuningan, aluminium, dan plastik PVC, tergantung pada kebutuhan dan sifat fluida yang akan dialirkan. Pipa berfungsi untuk mengalirkan berbagai jenis fluida, baik itu cair, gas, maupun padatan.



Gambar 6. Pipa pada kapal

5. Katub

Katub, atau valve adalah komponen yang berfungsi untuk membuka, menutup, atau mengatur aliran fluida dalam sistem perpipaan.



Gambar 7. Katub pada kapal

1.2.7 Pengaruh Elektrolisis Terhadap Kinerja MGPS

Elektrolisis merupakan proses di mana arus listrik bisa menguraikan suatu zat elektrolit. Artinya, pada proses elektrolisis terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia (reaksi redoks) (Fisika et al., 2021). Menurut Wikipedia Elektroda dalam proses elektrolisis digolongkan menjadi dua, yaitu :

- a. *Electrode inert*, ialah kalsium (Ca), Platina (Pt), serta Emas (Au)
- b. *Electroda aktif*, ialah seng (Zn), tembaga (Cu), dan perak (Ag)

Dalam elektrolisis, katoda adalah negatif dan anoda adalah positif. Pada katoda akan terjadi respon penurunan dan respon oksidasi akan terjadi pada anoda. Elektrolisis udara adalah penguraian senyawa udara menjadi oksigen dan gas hidrogen dengan memanfaatkan aliran listrik melalui udara. Di katoda, dua atom merespon dengan menangkap dua elektron, mengurangi gas H₂ dan partikel hidroksida. Sementara di anoda, dua partikel terlihat di sekelilingnya hancur menjadi gas oksigen, mengantarkan partikel H⁺ dan mengalirkan elektron ke katoda. Partikel H⁺ dan OH mengalami keseimbangan untuk membentuk beberapa atom udara. Respon penyesuaian mutlak untuk elektrolisis air dapat disusun sebagai:



Gelembung akan terbentuk pada reaksi ini yang kemudian dimanfaatkan untuk membentuk hydrogen dan hydrogen peroksida (H₂O₂) yang digunakan untuk bahan bakar mesin hydrogen. Hantaran listrik melalui larutan elektrolit dapat dianggap sebagai aliran elektron. Jadi, ketika elektron mengalir dalam larutan elektrolit artinya listrik bisa mengalir pada larutan tersebut.

1.2.8 Pengaruh Karat Terhadap menurunnya Kinerja MGPS

Korosi disebut juga karat, terutama pada logam besi. Faktanya, hanya ada sedikit logam yang kebal terhadap serangan korosi. setiap logam hanya berbeda dalam ketahanannya terhadap korosi. Korosi pada umumnya mempunyai banyak dampak negatif (Ahmad Fachroini & Dwisetiono, 2022). Adapun dampak negative yang ditimbulkan yaitu :

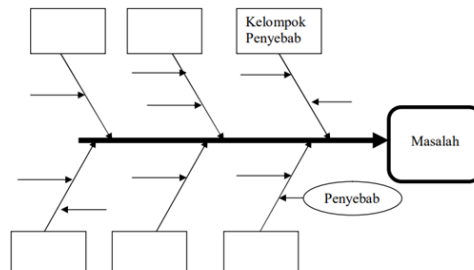
- a. Penurunan mutu logam
- b. Penyebab utama kerusakan logam (keropos, rapuh, bocor atau berlubang)
- c. Menurunkan produktivitas kerja
- d. Biaya perawatan dan pengoprasian membengkak

1.2.9 Fishbone Diagram

Fishbone Diagram, atau diagram tulang ikan, adalah teknik yang efektif untuk menganalisis data guna mengidentifikasi masalah dengan memeriksa penyebab-penyebab yang mendasarinya. Metode ini berfungsi untuk menganalisis penyebab suatu masalah atau kondisi, secara sistematis menampilkan akibat-akibat dan sebab-sebab yang mempengaruhi hasil

tersebut. Karena karakteristiknya yang khas, diagram ini dikenal sebagai diagram tulang ikan (Azhari, n.d.)

Fungsi dasar dari diagram tulang ikan adalah untuk mengidentifikasi dan mengatur kemungkinan penyebab dari suatu efek tertentu dan mengisolasi akar penyebabnya. (Asmoko, 2017)



Gambar 8 Fishbone Diagram

Sumber : Journal Diagram Fishbone: Pengertian, Konsep, Manfaat (Poerwanto, 2012)

1. Langkah – langkah metode *Fishbone diagram*

a. Langkah 1 : Menyepakati pernyataan masalah

- Tentukan sebuah pernyataan masalah (problem statement). Pernyataan ini diinterpretasikan sebagai "efek," yang secara visual dapat digambarkan dalam fishbone seperti "kepala ikan."
- Tuliskan masalah tersebut di tengah whiteboard di sisi paling kanan.
- Gambarkan sebuah kotak yang mengelilingi tulisan pernyataan tersebut.



Gambar 9 Menyepakati Pernyataan Masalah

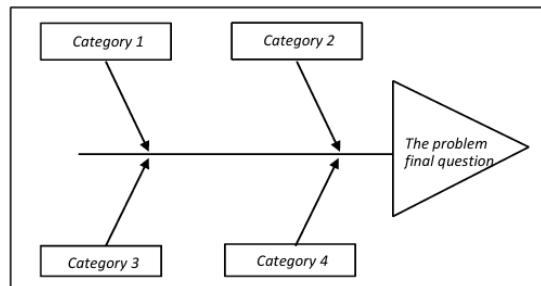
Sumber : Journal Diagram Fishbone: Pengertian, Konsep, Manfaat (Poerwanto, 2012)

b. Langkah 2 : Mengidentifikasi kategori – kategori

Dari garis horizontal utama, buat garis diagonal yang menjadi “cabang”. Setiap cabang mewakili “sebab utama” dari dari masalah yang ditulis. Sebab ini diinterpretasikan sebagai “cause”, atau secara visual dalam *fishbone* seperti “tulang ikan”. Kategori sebab utama mengorganisasikan sebab sedemikian rupa sehingga masuk akal dengan situasi. Kategori-kategori ini antara lain:

- Kategori 6M yang bisa digunakan dalam industri manufaktur :

1. Machine (mesin atau teknologi)
2. Method (metode atau proses)
3. Material (termasuk raw material, consumption, dan informasi).
4. Man Power (tenaga kerja atau pekerjaan fisik)
5. Measurement (pengukuran atau inspeksi)
6. Milieu / Mother Nature (lingkungan)

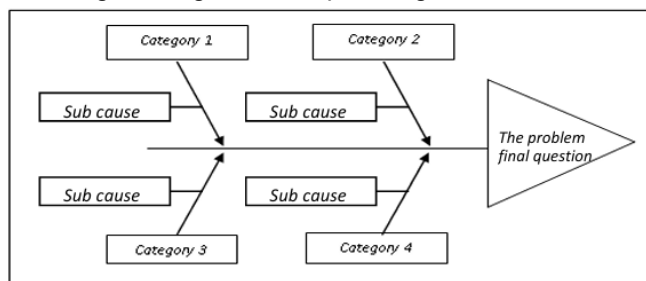


Gambar 10 Mengidentifikasi kategori – kategori

Sumber : Journal Diagram Fishbone: Pengertian, Konsep, Manfaat (Poerwanto, 2012)

c. Langkah 3 : menentukan sebab – sebab potensial dengan cara brainstorming

- Setiap kategori harus memiliki sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi brainstorming.
- Ketika sebab-sebab tersebut diungkapkan, tentukan bersama-sama di mana sebaiknya setiap sebab diletakkan dalam diagram fishbone, yaitu di bawah kategori yang sesuai.
- Sebab-sebab ditulis dengan garis horizontal, sehingga banyak "tulang" kecil muncul dari garis diagonal.
- Ajukan pertanyaan "Mengapa sebab itu muncul?" untuk menghasilkan "tulang" yang lebih kecil (sub-sebab) yang keluar dari garis horizontal tersebut.
- Sebuah sebab dapat dituliskan di beberapa tempat jika ia berhubungan dengan beberapa kategori



Gambar 11 Mengidentifikasi Sub – sebab

Sumber : Journal Diagram Fishbone: Pengertian, Konsep, Manfaat (Poerwanto, 2012)

- d. Langkah 4 : Mengkaji dan menyepakati sebab – sebab yang paling mungkin
- Setelah mengisi setiap kategori, carilah sebab yang paling mungkin di antara semua sebab-sebab dan sub-subnya.
 - Jika ada sebab-sebab yang muncul pada lebih dari satu kategori, kemungkinan besar merupakan indikasi sebab yang paling mungkin.
 - Ulangi kajian atas sebab-sebab yang telah didaftarkan (yang tampaknya paling memungkinkan) dan tanyakan, “Mengapa ini sebabnya?”
 - Pertanyaan “Mengapa?” akan membantu Anda menuju kepada sebab pokok dari permasalahan yang teridentifikasi.
 - Terus tanyakan “Mengapa?” sampai saat pertanyaan itu tidak bisa dijawab lagi. Saat sudah sampai ke titik tersebut, sebab pokok telah teridentifikasi.
 - Lingkarilah sebab yang tampaknya paling memungkinkan pada fishbone diagram

1.2.10 Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain sistem dengan cara mengidentifikasi mode kegagalan dari setiap komponen dan menganalisis dampaknya terhadap keandalan sistem. FMEA berfungsi sebagai alat untuk menganalisis keandalan sebuah sistem serta penyebab terjadinya kegagalan, sehingga dapat meningkatkan keandalan dan keamanan sistem tersebut.

Kegiatan FMEA mencakup berbagai aspek, seperti menganalisis kegagalan sistem, mengidentifikasi penyebab kegagalan, serta dampak yang ditimbulkan akibat kegagalan pada masing-masing komponen. Dari analisis ini, kita dapat menentukan komponen kritis yang paling sering mengalami kegagalan dan seberapa besar pengaruhnya terhadap fungsi sistem. Dengan demikian, kita dapat memberikan perlakuan yang tepat terhadap komponen kritis melalui pemeliharaan yang sesuai. (Sugiyono, 2014)

Tabel 1 *Failure Mode Effect Analysis*

No	Type of Failure	Failure Mode	Cause of failure	Effect of Failure	S	O	D	RPN

Pada tabel di atas, kolom "equipment" diisi dengan komponen dari sebuah sistem, sementara kolom "function" mencantumkan fungsi dari masing-masing komponen dalam proses operasi. Kolom "function failure" diisi dengan kegagalan yang mungkin terjadi pada fungsi tersebut, sedangkan "failure mode" berisi kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan fungsi. Kolom "effect of failure" menjelaskan dampak atau akibat dari kegagalan tersebut. Selain itu, SOD merujuk pada Severity (S),

Occurrence (O), dan Detection (D). Untuk menghitung RPN dapat dihitung menggunakan rumus :

$$RPN = S \times O \times D \quad (6)$$

RPN (Risk Priority Number) menunjukkan tingkat kepentingan dari sebuah komponen yang dianggap memiliki risiko tertinggi, sehingga membutuhkan perlakuan khusus dengan melakukan perbaikan. Semakin tinggi nilai RPN dalam suatu mesin, maka mesin itu harus semakin diprioritaskan atau diperhatikan. Berikut ini merupakan pengertian dari Severity (S), Occurrence (O) dan Detection (D). (D).

1. Severity

Severity ini mendefinisikan dampak yang terburuk akibat dari adanya kegagalan. Dampak ini dapat ditentukan berdasarkan tingkat kerusakan alat, tingkat cedera yang dialami.

Tabel 2 Kriteria *Severity*

Tingkat Keparahahan (Severity)	Deskripsi
1	Tidak ada
3	kerusakan ringan, sistem bekerja kurang maksimal, terdapat redunan
5	Menyebabkan sistem terganggu, waktu perbaikan relative singkat, tidak ada redumen
7	Membahayakan sistem, meyebabkan sistem down dalam waktu lama
9	Sangat berbahaya, membahayakan sistem dan operator

Severity merujuk pada tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan oleh suatu mode kegagalan terhadap sistem, produk, atau proses. Penilaian *severity* sangat penting karena membantu tim untuk memahami seberapa serius konsekuensi dari kegagalan yang mungkin terjadi.

2. Occurency

Merupakan tingkatan seberapa sering komponen mengalami kegagalan

Tabel 3 Kriteria *Occurance*

Frekuensi Kejadian (Occurence)	Deskripsi
1	Lebih dari 1 bulan
2	Antara 4 – 6 bulan
3	Antara 1 – 3 bulan
4	Setiap 1 bulan
5	Setiap saat

Occurrence merujuk pada frekuensi atau kemungkinan terjadinya suatu mode kegagalan dalam sistem, produk, atau proses. Penilaian occurrence membantu tim untuk memahami seberapa sering suatu kegagalan dapat terjadi dan seberapa besar risiko yang terkait dengan kegagalan tersebut.

3. *Detection*

Merupakan tingkat pengukuran terhadap kemampuan dalam pengendalian atas kegagalan yang terjadi.

Tabel 4 Kriteria *Detection*

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

Detection merujuk pada kemampuan sistem untuk mendeteksi suatu mode kegagalan sebelum kegagalan tersebut terjadi atau sebelum dampaknya menjadi signifikan. Penilaian *detection* sangat penting karena membantu tim untuk memahami seberapa efektif sistem dalam mengidentifikasi masalah yang mungkin muncul.

1.3 Uji Keabsahan

Pemeriksaan validitas instrumen merupakan tahap penting dalam penelitian guna memastikan bahwa alat pengukuran yang digunakan benar-benar mencerminkan apa yang seharusnya diukur. Validitas mengindikasikan sejauh mana alat tersebut mengukur variabel yang dimaksud secara akurat, dan validitas instrumen menjadi faktor kunci dalam menentukan kualitas penelitian. Adapun rumus yang digunakan dalam menentukan nilai r hitung adalah sebagai berikut.

$$r = \frac{N\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(N\sum x^2 - (\sum x)^2)(N\sum y^2 - (\sum y)^2)}} \quad (7)$$

Pengujian reliabilitas instrumen adalah tahap penting dalam penelitian untuk memverifikasi konsistensi dan keandalan hasil yang dihasilkan. Reliabilitas menunjukkan seberapa sering instrumen memberikan hasil yang serupa saat digunakan berulang kali pada subjek atau populasi yang sama. Terdapat berbagai metode untuk menguji reliabilitas instrumen tersebut. Adapun rumus yang digunakan dalam menentukan nilai Alpha Cronbach (Gregory, 2000) adalah sebagai berikut.

$$r = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma t^2}{\sigma t^2} \right) \quad (8)$$

1.4 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas. Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Faktor apa saja yang menjadi penyebab menurunnya kinerja *Marine Growth Prevention System (MGPS)*?
2. Kegagalan apa yang paling sering terjadi pada *Marine Growth Prevention System (MGPS)*?
3. Bagaimana upaya yang harus dilakukan untuk mencegah terjadinya penurunan *Marine Growth Prevention System (MGPS)*?

1.5 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penyebab terjadinya kegagalan pada *Marine Growth Prevention System (MGPS)*
2. Mengetahui faktor yang memiliki tingkat risiko kegagalan yang tinggi pada *Marine Growth Prevention System (MGPS)*
3. Mengetahui upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya penurunan kinerja *Marine Growth Prevention System (MGPS)*

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

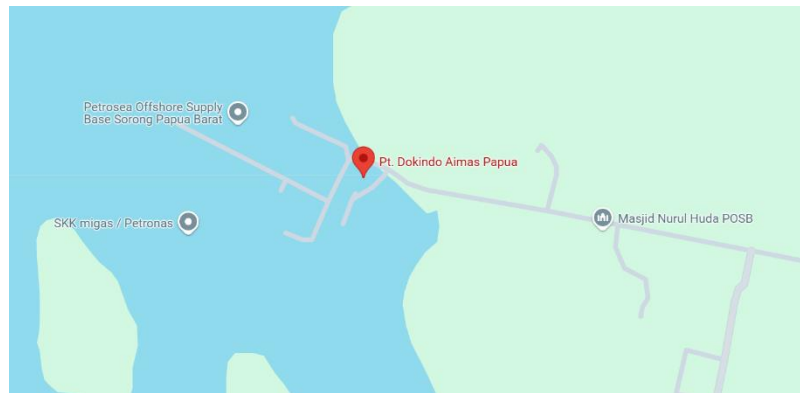
1. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi mengenai faktor yang menjadi penyebab turunya kinerja *Marine Growth Prevention System (MGPS)*
2. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi gambaran akan dampak dan seberapa besar bahaya yang ditimbulkan akibat menurunnya kinerja dan pengoprasian *Marine Growth Prevention System (MGPS)*

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada kapal LCT Adelia 8012 yang berada provinsi Sorong. Untuk pengolahan data ini dilakukan di Labo Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa. Adapun waktu penelitian dilakukan pada bulan Agustus – November 2024.



Gambar 12 Lokasi Penelitian
Sumber : [//www.google.com/maps/](http://www.google.com/maps/)

2.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode gabungan (mix methods) yang melibatkan analisis data kualitatif dan kuantitatif. Tujuan utamanya adalah mengidentifikasi dan memahami potensi bahaya yang dapat terjadi pada Marine Growth Prevention System (MGPS). Proses ini melibatkan pengumpulan dan analisis informasi dari berbagai sumber, termasuk jurnal ilmiah, artikel, dan laporan teknis. Studi literatur ini bertujuan untuk memahami teori dasar dan praktik terbaik dalam penggunaan MGPS. Data kualitatif diperoleh melalui identifikasi potensi bahaya, sedangkan data kuantitatif diperoleh dari hasil kuesioner yang telah dibagikan sebelumnya. Hasil analisis keduanya digunakan untuk menganalisis data untuk memperoleh gambaran yang lengkap tentang MGPS.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah langkah penting dalam penelitian untuk membahas masalah dalam skripsi ini. Proses ini harus dilakukan secara sistematis dan terarah agar menghasilkan data yang lengkap, obyektif, dan dapat dipertanggungjawabkan. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer, yang diperoleh melalui wawancara, dan data sekunder, yang bersumber dari literatur yang relevan.

Pengumpulan data juga dilakukan dalam bentuk penyebaran kuesioner kepada responden yang memiliki pengalaman dalam bidang permesinan kapal. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang dapat menyebabkan kegagalan, peristiwa yang menimbulkan bahaya tersebut, dampak

yang dapat ditimbulkannya, serta konsekuensi yang mungkin terjadi jika bahaya tersebut tidak ditangani atau dicegah dengan tetap.

2.4 Metode Pengolahan Data

Setelah pengumpulan data selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan analisa data. Dalam pengolahan data digunakan analisa kualitatif dan analisis kuantitatif untuk mendapatkan nilai probabilitas setiap kegagalan. Kegiatan mengolah data ini terdiri dari beberapa tahapan, secara garis besar sebagai berikut:

2.4.1 Data Kapal

Kapal yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kapal *Landing Craft Tank*. Adapun gambar dari kapal yang digunakan dapat dilihat pada

A. Ukuran Utama Kapal

Berikut adalah ukuran utama dan gambar dari pada kapal *LCT* Adelia 8012.

Tabel 5 Ukuran Utama Kapal

Nama kapal	Adelia 8012
Tipe	<i>Landing Craft</i>
<i>Length Over All (LOA)</i>	45,50 m
<i>Breadth (B)</i>	9 m
<i>Lenght Perpendicular (LBP)</i>	42 m
<i>Draft</i>	2.5 m
<i>Gross Tonage</i>	362



Gambar 13 Kapal *LCT* Adelia 8012

B. Data Mesin

Mesin yang digunakan adalah kapal *LCT* Adelia 8012 yang menggunakan 2 mesin penggerak utama yaitu mesin kanan dan mesin kiri dengan setiap mesin memiliki 1800 rpm. Berikut dimensi mesin induk kapal *LCT* Adelia 8012.

Tabel 6 Data Mesin

Merek	Cummins	Cummins
Model	NTA 855-M	NTA 855-M
RPM	1800	1800
Daya	400 hp	400 hp

2.4.2 Data Responden Kuesioner

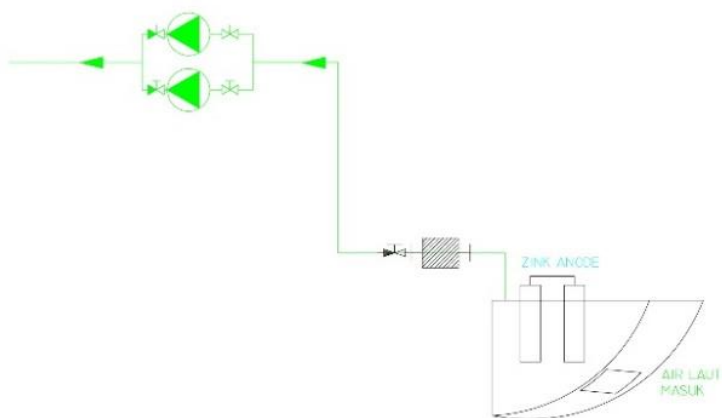
Berikut ini adalah data responden dari hasil wawancara yang telah dilakukan:

Tabel 7 Responden Kuesioner

No	Pengalaman Kerja	Jabatan
1	Dibawah 5 tahun	2 nd Officer
2	Dibawah 5 tahun	Junior Engineer
3	Dibawah 5 tahun	3 rd Engineer
4	Dibawah 5 tahun	Bosun
5	Diatas 5 tahun	Masinis III
6	Dibawah 5 tahun	Second Engineer
7	Dibawah 5 tahun	Oiler
8	Diatas 5 tahun	Chief Engineer
9	Dibawah 5 tahun	Second Engineer

2.4.3 Data Sistem *Marine Growth Prevention System (MGPS)*

A. *Marine Growth Prevention System (MGPS)*

Gambar 14 Sistem *MGPS* pada Kapal

B. Zinc Anode

Zinc anode adalah komponen penting dalam sistem perlindungan katodik yang digunakan untuk melindungi struktur logam, terutama pada kapal, dari korosi.

Tabel 8 Data *Zinc Anode*

Nama Model	OEM
Nama Merek	OEM
Ketebalan	6 ~ 12 μ m
Diameter	50 ~ 150mm (2" ~ 5.9")
Panjang	100 ~ 2000mm (4" ~ 79")
Luas Jangkauan	1 – 2 m



Gambar 15 Zinc Anode Aluminium

Sumber : <https://dimasjaya.com/zinc-anode/>

2.4.4 Analisis Kualitatif

Pada tahapan ini, hasil identifikasi kegagalan di lapangan dikumpulkan dan dibuat dalam penggambaran diagram *Fishbone* diagram untuk mengidentifikasi penyebab masalah secara menyeluruh, kemudian dilanjutkan dengan metode FMEA untuk menganalisis dan memprioritaskan risiko berdasarkan potensi kegagalan yang telah diidentifikasi. Adapun langkah-langkah dalam Menyusun FMEA yaitu sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi potensi kegagalan, dampak kegagalan, penyebab kegagalan
2. Melakukan penilaian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* berdasarkan hasil indentifikasi pada sistem

3. Berdasarkan prioritas yang telah ditentukan, identifikasi tindakan korektif yang perlu diambil untuk mengurangi atau menghilangkan risiko dari mode kegagalan yang diidentifikasi.

2.4.5 Analisis Kuantitatif

Analisis Setelah analisis kualitatif selesai, dilanjutkan untuk menghitung Tingkat resiko dari masing-masing masalah yang dapat menyebabkan kegagalan pada Marine Growth Prevention Sistem (MGPS) kemudian dilanjutkan dengan menganalisis nilai Risk Priority Number (RPN) berdasarkan penilaian Severity, Occurrence dan Detection yang telah ditentukan sebelumnya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, setelah analisis kualitatif selesai, dilanjutkan untuk menghitung Tingkat resiko dari masing-masing masalah yang dapat menyebabkan kegagalan pada *Marine Growth Prevention Sistem (MGPS)* kemudian dilanjutkan dengan menganalisis nilai Risk Priority Number (RPN) berdasarkan penilaian Severity, Occurrence dan Detection yang telah ditentukan sebelumnya.

2.4.6 Pembuatan dan Penyebaran Kuesioner

Pembuatan dan penyebaran kuesioner dalam penelitian adalah langkah penting untuk mengumpulkan data dari responden. Merujuk pada tahapan-tahapan metode *Fishbone* diagram dan metode *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* dalam pembuatan dan penyebaran kuesioner sebagai berikut:

- a. Untuk menyusun kuesioner mengenai penyebab kegagalan pada *Marine Growth Prevention System (MGPS)*, pertama-tama dilakukan wawancara untuk mengidentifikasi masalah yang biasa ditemui pada *Marine Growth Prevention System (MGPS)*
- b. Setelah itu, masalah-masalah yang telah diidentifikasi disusun dalam tabel kuesioner yang mencakup kategori *severity, Occurrence and Deetection*.
- c. Selanjutnya, kuesioner disebarluaskan secara online menggunakan platform digital untuk menjangkau audiens yang lebih luas.
- d. Setelah nilai-nilai dari kuesioner telah ditentukan, langkah berikutnya adalah melakukan perengkingan untuk menentukan prioritas masalah.

2.5 Kerangka Pikir

Untuk mempermudah dalam proses pelaksanaan penelitian ini, maka disusunlah kerangka pikir penelitian sebagai berikut :

