

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



SKRIPSI

**PERAWATAN *EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM*
GUNA MENERAPKAN MARPOL ANNEX 6**

Oleh :

YOGI PUTRA FAJAR

NRP. 563200824

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV

J A K A R T A

2024

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



SKRIPSI

**PERAWATAN *EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM*
GUNA MENERAPKAN MARPOL ANNEX 6**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Penyelesaian Program Pendidikan Diploma IV**

Oleh :

**YOGIPUTRA FAJAR
NRP. 563200824**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV
J A K A R T A
2024**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : YOGI PUTRA FAJAR
NRP : 563200824
Program Pendidikan : DIPLOMA IV
Program Studi : TEKNIKA
Judul : PERAWATAN *EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM* GUNA
MENERAPKAN MARPOL ANNEX 6

Jakarta, 07 Juli 2024

Pembimbing Utama

P. Dwikora Simanjuntak. MM
Pembina Tk I (IV/b)
NIP. 19640906 199903 1 001

Pembimbing Pendamping

Jarot Delta Susanto. S.Si.T.,M.M
Penata Tk I (III/d)
NIP. 19820717 200502 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknika

Dr. MARKUS YANDO, S.Si.T.,M.M
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN BADAN
PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : YOGI PUTRA FAJAR
NRP : 563200824
Program Pendidikan : DIPLOMA IV
Program Studi : TEKNIKA
Judul : PERAWATAN *EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM*
GUNA MENERAPKAN MARPOL ANNEX 6

Jakarta, 07 Juli 2024

Ketua penguji

Dr. Larsen Barasa, S.E., M.M. Tr
Penata Tk I (III/d)
NIP.19720415 199803 1 002

Penguji I

Susi Herawati, S.Si., M.Pd
Penata (III/c)
NIP.19840611 200912 2 002

Penguji II

P. Dwikora Simanjuntak, MM
Pembina Tk I (IV/b)
NIP.19640906 199903 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknika

Dr. MARKUS YANDO, S.Si.T., M.M
Penata Tk.I (III/d)
NIP. 19800605 200812 1 001

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, dengan judul : **“PERAWATAN *EXHAUST GAS CLEANING SYSTEM* GUNA MENERAPKAN MARPOL ANNEX 6”**

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan kurikulum pendidikan program diploma IV yang diselenggarakan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta. Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyusun berdasarkan atas pengalaman yang penulis peroleh selama melaksanakan praktik laut (prala) di atas kapal serta dari buku referensi yang ada hubungannya dengan skripsi ini. Dalam penyusunan skripsi ini, mungkin terdapat kekurangan-kekurangan baik dalam teknik penulisan maupun keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh sebab itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan dan tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati ucapan terima kasih ini dikhususkan kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Capt. Tri Cahyadi, M.H.,M.Mar, selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
2. Bapak Dr. Markus Yando, S.Si.T., M.M. selaku Ketua Jurusan Teknik.
3. Bapak Pargaulan Dwikora Simanjuntak, MM dan Bapak Jarot Delta Susanto, S.SiT.,M.M. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, dan pengarahannya kepada Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh Dosen, Pembina dan Instruktur STIP Jakarta.
5. Seluruh Crew kapal MV. PAN EPIC yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama melaksanakan praktek laut.
6. Ayahanda Bambang Suyoto dan Ibunda Muslimah yang telah memberikan dukungan baik moral maupun material serta doa yang menjadi kekuatan untuk Penulis.
7. Segenap keluarga besar penulis yang selalu mendukung dalam proses mengerjakan skripsi ini sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman kelas Teknik VIII B yang selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis.

9. Senior dan Junior yang selalu memberi semangat dan motivasi kepada penulis.
10. Teman satu bimbingan Aulia Nur Halimah yang telah sama-sama berjuang untuk menyelesaikan skripsi ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini dan tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Meskipun segala kemampuan telah Penulis curahkan untuk menyelesaikan skripsi ini tetapi Penulis menyadari masih banyak kekurangan. Karena itu, Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca yang budiman, agar dapat memperbaiki kesalahan-kesalahan tersebut di masa yang akan datang.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 07 Juli 2024
Penulis,

YOGIPUTRA FAJAR
NRP.563200824

DAFTAR ISI

SAMPUL DALAM	i
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
TANDA PENGESAHAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. IDENTIFIKASI MASALAH	3
C. BATASAN MASALAH	3
D. RUMUSAN MASALAH.....	3
E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	4
F. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
A. PENGERTIAN/DEFINISI OPERASIONAL	6
B. TEORI.....	10
C. KERANGKA PEMIKIRAN	19
BAB III METODE PENELITIAN	20
A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN.....	20
B. METODE PENDEKATAN	21
C. SUMBER DATA.....	22
D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA.....	22
E. TEKNIK ANALISIS DATA.....	24
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	26
A. DESKRIPSI DATA	26
B. ANALISIS DATA.....	27
C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH.....	30

D. EVALUASI ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH	33
E. PEMECAHAN MASALAH.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
A. KESIMPULAN	37
B. SARAN.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Funnel pada kapal MV. PAN EPIC.....	9
Gambar 2.2 Exhaust Manifold MV. PAN EPIC.....	10
Gambar 2.3 Sketsa Sistem Kerja <i>Exhaust Gas Cleaning System</i>	12
Gambar 2.4 <i>3 Way Damper Valve</i>	14
Gambar 2.5 <i>3 Way Damper Valve</i> membuka menuju <i>Bypass</i>	14
Gambar 2.6 <i>3 Way Damper Valve</i> membuka menuju <i>Scrubber</i>	15
Gambar 2.7 <i>Nozzle Exhaust Gas Cleaning System</i>	16
Gambar 2.8 <i>Sea Water Inlet Monitoring</i>	17
Gambar 2.9 <i>Sea Water Outlet Monitoring</i>	18
Gambar 2.10 Kerangka Pemikiran.....	19
Gambar 4.1 <i>Spray Nozzle</i> dengan <i>Barnacle</i>	28
Gambar 4.2 Banyaknya <i>barnacle</i> yang melekat pada <i>butterfly valve</i>	29
Gambar 4.3 <i>Overpressure</i> yang terjadi pada pompa EGCS	30
Gambar 4.4 <i>Spray Nozzle</i> yang sudah bersih serta letaknya pada EGCS	31
Gambar 4.5 <i>Butterfly valve</i> yang sudah diganti dan terbuka secara penuh	32
Gambar 4.6 <i>Pressure</i> normal 4.0 bar pada pompa setelah <i>overhaul</i>	33

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Sulphur Oxide Scrubber System Criteria</i>	12
---	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Scrubber Line System*

Lampiran 2 Pembersihan pipa yang tersumbat *barnacle* pada *Scrubber*

Lampiran 3 *Crew List* MV. PAN EPIC

Lampiran 4 *Ship Particulars*

Lampiran 5 *Maintenance Exhaust Gas Cleaning System* pada *Log Book*

Lampiran 6 Wawancara antara *Apprentice Engineer* dengan *First Engineer*

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Dalam era globalisasi ini kegiatan transportasi sangat berperan penting dalam membantu perekonomian dunia, yang mana banyak kegiatan ekspor dan impor atau pengiriman barang dari satu negara ke negara lain banyak menggunakan jasa di sektor transportasi laut. Demikian pula dalam dunia pelayaran yang bergerak di bidang angkutan laut misalnya kapal, sebagaimana merupakan sarana pendukung di dalam transportasi laut yang berguna untuk memberikan jasa angkutan laut yang terbaik. Hal ini yang mendasari akan pentingnya sektor kelautan sebagai salah satu transportasi dalam distribusi barang ataupun jasa secara global. Menyadari akan pentingnya kegiatan transportasi laut maka keoptimalan kinerja permesinan dan kegiatan pengoperasian kapal serta sistem-sistem di kapal harus selalu dijaga agar dapat menciptakan sarana transportasi laut yang baik secara cepat dan aman.

Organisasi Maritim Internasional yang menetapkan kebijakan mengenai peraturan pelayaran yaitu IMO (*International Maritime Organization*) yang dibentuk oleh PBB atau yang biasa disingkat Persatuan Bangsa-Bangsa yang bertanggung jawab atas langkah-langkah untuk meningkatkan keselamatan dan keamanan pelayaran internasional dan untuk mencegah polusi laut dari kapal.

IMO Mengeluarkan beberapa perjanjian internasional demi menunjang semua kegiatan yang berkaitan dengan dunia pelayaran. Regulasi mengenai keselamatan pelayaran atau SOLAS, regulasi mengenai sertifikasi kepelautan atau STCW, dan masih banyak yang lainnya, penulis akan membahas salah satu yang termasuk perjanjian internasional dari IMO yaitu mengenai penanggulangan masalah pencemaran di laut dan mengurangi dampak dari pencemaran laut yaitu Marpol 73/78 (*Marine Pollution*). Mulai dari Annex 1 tentang pencegahan pencemaran tumpahan minyak di laut, Annex 2 tentang pencegahan pencemaran dari zat cair berbahaya, Annex 3 tentang pencegahan pencemaran muatan berbahaya dalam bentuk kemasan, Annex 4 tentang pencegahan dari kotoran manusia atau *sewage* yang dihasilkan oleh

kapal, Annex 5 tentang pencegahan pencemaran sampah dari kapal, dan yang terakhir yang akan dibahas oleh penulis yaitu Annex 6 tentang pencegahan polusi udara yang dihasilkan oleh kapal pada aturan Marpol 73/78 (*Marine Pollution*). Aturan ini dibuat dan dijalankan di bawah Organisasi Maritim Internasional atau *International Maritime Organization* (IMO). Fokusnya ke arah pencegahan polusi pencemaran laut. Aturan ini dibahas dan disahkan dalam sidang IMO yang membahas soal *International Conference on Marine Pollution*, hasilnya adalah penetapan aturan Marpol 73/78 atau *International Convention for the Prevention from Ship* tersebut.

Marpol khususnya Annex 6 mengenai pencegahan polusi udara di laut, berdasarkan aturan Marpol Annex 6 Regulasi 14 mengenai *Sulphur Oxides (SOx) and Particulate Matter* disebutkan bahwa kandungan sulfur dalam bahan bakar minyak yang digunakan di atas kapal tidak boleh melebihi batas 0,50% pada 1 Januari 2020. Beberapa perusahaan mengembangkan teknologi terbaru yaitu *Exhaust Gas Cleaning System* demi mengurangi kadar polusi udara yang dihasilkan oleh gas buang kapal. Dalam kenyataannya, *Exhaust Gas Cleaning System* dapat mengalami gangguan-gangguan yang mengakibatkan terkendalanya kapal dalam berlayar karena kadar sulfur pada gas buang yang cukup tinggi. Pada perjalanan dari AESPA (Singapura) menuju Tubarao (Brazil).

Saat dalam pengoperasian berjalan, terjadi hal yang tidak sesuai dengan keadaan normal seperti yang pernah terjadi di MV. PAN EPIC pada tanggal 7 Februari 2023, saat dalam pengoperasian berjalan terjadi hal yang tidak sesuai dengan keadaan normal, dimana tidak berfungsinya *spray nozzle* dan *butterfly valve* sebagaimana mestinya dan penyemprotan tidak maksimal sehingga mengakibatkan gas buang pada funnel menjadi cukup tebal, setelah ditelusuri pada pompa *scrubber* nomor 1 dan nomor 3 mengalami tekanan yang tinggi. Meningkatnya tekanan pada pompa *scrubber* menjadi 6.2 bar dari normalnya 4.0 bar dan akan mengakibatkan gasket pada pompa menjadi pecah, adapun penyebab lainnya mengenai banyaknya *barnacle* atau mikrobiota laut yang terbawa aliran pipa air laut dikarenakan filter pada *Sea Chest* yang sudah tidak layak sehingga menyebabkan penyumbatan dan aliran tidak berjalan dengan baik. Sehingga alarm yang datang dengan keterangan EGSC *common abnormal*. Setelah datangnya alarm tersebut, maka *Engineer* mengecek pada pompa karena adanya indikasi yang tidak normal seperti biasanya dan kemudian melakukan peralihan bahan bakar dengan menggunakan *LSMGO* yang memiliki kadar sulfur rendah serta menghentikan pengoperasian *Exhaust Gas Cleaning System*.

Masalah yang datang tidak hanya itu, adapun permasalahan yang lain seperti kasarnya putaran motor pada pompa yang mengharuskan pompa untuk di *overhaul* agar keadaan tidak semakin memburuk dan kerusakan tidak melebar atau berkaitan pada komponen lainnya. Sebelum melakukan *overhaul Engineer* melakukan pengecekan *temperature* menggunakan *termometer gun* terhadap *shaft* pompa dikarenakan putaran motor yang kasar tersebut, adapun hasil pengecekan, yaitu *temperature* tinggi dan tidak normal seperti biasanya. Berdasarkan pernyataan teori yang berbeda dengan kenyataan yang terjadi saat pengoperasian kapal, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Perawatan Exhaust Gas Cleaning System Guna Menerapkan Marpol Annex 6”**

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas dan berdasarkan pengalaman penulis, untuk menyusun identifikasi masalah, penulis menemukan beberapa masalah yang menyebabkan tingginya *pressure* pada pompa *scrubber Exhaust Gas Cleaning System*, dimana permasalahannya adalah sebagai berikut :

1. Tidak berfungsinya *spray nozzle* dan *butterfly valve*.
2. Meningkatnya tekanan pada pompa *scrubber*.
3. Banyaknya *barnacle* atau mikrobiota laut.
4. Kasarnya putaran motor pada pompa.

C. BATASAN MASALAH

Mengingat waktu yang singkat dan sangat luas permasalahan yang berkaitan dengan *Exhaust Gas Cleaning System* serta berdasarkan uraian latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka penulis membatasi masalah sebagai berikut :

1. Tidak berfungsinya *spray nozzle* dan *butterfly valve*.
2. Meningkatnya tekanan pada pompa *scrubber*.

D. RUMUSAN MASALAH

Perawatan yang tidak terencana, teratur dan perbaikan yang tidak optimal pada *spray nozzle Exhaust Gas Cleaning System* dapat berpengaruh pada proses menurunkan kadar polusi udara di laut dan dapat mengakibatkan kinerja pompa *scrubber Exhaust Gas Cleaning System* tidak optimal. Oleh karena itu dalam rumusan masalah ini penulis membahas tentang:

1. Apa yang menyebabkan tidak berfungsinya *spray nozzle* dan *butterfly valve*?
2. Apa penyebab meningkatnya tekanan pada pompa *scrubber*?

E. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu:
 - a. Untuk mengetahui apa penyebab tidak berfungsinya *spray nozzle* dan *butterfly valve*.
 - b. Untuk mengetahui apa penyebab meningkatnya tekanan pada pompa *scrubber*.
2. Manfaat dari penulisan skripsi ini yaitu:
 - a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini bermanfaat untuk meningkatkan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan perawatan dan pengoperasian *Exhaust Gas Cleaning System* di kapal MV. PAN EPIC.
 - b. Manfaat Praktis
 - 1) Bagi taruna-taruni pelayaran jurusan Teknika
 - 2) Bagi para taruna-taruni Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai materi belajar tentang *Exhaust Gas Cleaning System*.
3. Bagi Perusahaan Pelayaran

Perusahaan pelayaran hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar bagi perusahaan pelayaran untuk menentukan kebijakan-kebijakan baru tentang manajemen pengoperasian serta perawatan yang akan dilakukan terhadap permesinan bantu *Exhaust Gas Cleaning System*.
4. Bagi Perpustakaan STIP Jakarta

Bagi Perpustakaan STIP Jakarta, penulisan skripsi ini dijadikan bekal ilmu pengetahuan tambahan bagi calon perwira yang akan bekerja di atas kapal, serta menambah perbendaharaan karya ilmiah di Perpustakaan STIP Jakarta.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan penulis serta untuk memudahkan pemahaman, penulisan skripsi disusun dengan sistematika yang terdiri dari lima bab secara kesinambungan yang di dalam pembahasannya merupakan suatu rangkaian yang tidak terpisahkan. Adapun sistematika tersebut disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bab pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah mengenai *Exhaust Gas Cleaning System* sehingga dapat ditemukan judul dari skripsi ini, serta mengenai Identifikasi Masalah, Batasan Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat penyusunan skripsi, dan Sistematika Penulisan agar dapat dipahami dengan baik.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang pengertian/definisi operasional yang menguraikan penjelasan agar tidak menimbulkan penafsiran yang berbeda, serta teori yang memuat tentang pendapat para ahli yang dapat dijadikan sebagai landasan dalam pembahasan materi dan kerangka pemikiran yang menerangkan mengenai pemecahan masalah.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, metodologi penelitian dan teknik pengumpulan data, subjek penelitian dan teknik analisis data.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas pokok masalah penelitian. Penulis akan membahas tentang deskripsi data, analisis data dari masalah yang ada, alternatif pemecahan masalah, serta pemecahan masalah yang dipilih.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan serta saran yang merupakan hasil dari masalah yang terjadi pada *Exhaust Gas Cleaning System*.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. PENGERTIAN/DEFINISI OPERASIONAL

1. Pemeliharaan atau Perawatan

Perawatan ialah proses, cara, perbuatan memelihara. Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) adalah aktivitas penjadwalan secara berkala terhadap fasilitas/mesin untuk tetap menjaga performa agar tetap berfungsi dengan baik sesuai dengan kondisi awal mula mesin tersebut ada. Pemeliharaan merupakan bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mengembalikan atau mempertahankan kondisi mesin agar selalu dapat berfungsi. Pemeliharaan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan dapat digunakan sesuai harapan. Sehingga kegiatan pemeliharaan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan mesin dan peralatan pada kondisi operasional dan aman, serta apabila terjadi kerusakan dapat dikendalikan (Ansori & Mustajib, 2014). Menurut (Haq dan Riandadari, 2019) Tujuan pemeliharaan adalah untuk memelihara kemampuan mesin atau alat dan mengendalikan biaya sehingga mesin harus dirancang dan dipelihara untuk mencapai standar mutu dan kinerja yang diharapkan. Persoalan yang dihadapi oleh suatu perusahaan dalam kegiatan pemeliharaan adalah persoalan teknis dan persoalan ekonomis. Berikut beberapa macam perawatan sebagai berikut :

a. *Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan)

Perawatan ini dilakukan secara rutin dan terjadwal untuk mencegah kerusakan atau kegagalan yang tidak diinginkan pada kapal. Perawatan pencegahan melibatkan pembersihan, pelumasan, pemeriksaan rutin, penggantian suku cadang yang aus, dan perawatan sistem secara berkala. Tujuan utamanya adalah mempertahankan kondisi yang baik, mengidentifikasi masalah potensial, dan mencegah kerusakan yang lebih serius di masa depan.

b. *Predictive Maintenance* (Perawatan Prediktif)

Perawatan jenis ini adalah merawat kapal yang dilakukan berdasarkan analisis data dan pemantauan untuk memprediksi kemungkinan kegagalan atau kerusakan pada kapal. Dengan menggunakan teknik pemantauan seperti sensor, pemantauan kinerja, atau analisis getaran, perawatan prediktif dapat memberikan informasi tentang kondisi komponen yang memerlukan perbaikan sebelum terjadi kerusakan signifikan.

c. *Corrective Maintenance* (Perawatan Korektif)

Perawatan korektif bertujuan untuk memperbaiki kerusakan yang telah terjadi dan mengembalikan kapal ke kondisi operasional. Perawatan ini melibatkan perbaikan, penggantian suku cadang yang rusak, atau tindakan korektif lainnya untuk memulihkan fungsi dan kinerja sistem yang terpengaruh.

d. *Breakdown Maintenance* (Perawatan Darurat)

Perawatan darurat dilakukan untuk mengatasi situasi darurat dan memulihkan kapal ke kondisi operasional sesegera mungkin. Tindakan perawatan ini biasanya tidak terencana. Perawatan dapat melibatkan perbaikan sementara atau penggantian komponen yang rusak dengan tujuan untuk memulihkan kapal dengan waktu henti yang minimal.

2. Pesawat Bantu

Pesawat bantu pada umumnya merupakan permesinan yang membantu kinerja dari mesin induk. Selain itu untuk membuat pesawat bantu di atas kapal dapat bekerja dengan baik maka perlu dilakukan perawatan pada pesawat bantu, perbaikan pada pesawat bantu dan mengetahui gangguan – gangguan yang terjadi pada pesawat bantu. Pesawat bantu juga merupakan suatu permesinan di atas kapal dan bukan mesin induk yang memiliki fungsi membantu dalam operasional kapal agar kapal dapat berjalan dengan baik. Jenis-jenis permesinan bantu di atas kapal sangatlah beragam, tergantung pada tata letaknya dan fungsi kegunaan, permesinan di atas kapal terdapat 2 bagian berdasarkan tata letaknya. Permesinan bantu lebih dominan terdapat pada kamar mesin dan tidak sedikit juga yang terdapat pada *deck* kapal.

3. *Scrubber*

Menurut Germann, André “*Scrubber mit Fragezeichen*“, THB January 21st 2019, page 3. *Scrubber* dapat didefinisikan sebagai alat pemisahan suatu partikel *solid* (debu) yang ada di gas atau udara dengan menggunakan cairan sebagai alat bantu yang bertujuan untuk mengurangi kadar sulfur yang terkandung dalam gas buang. Menurut asosiasi resmi EGCS/ *Exhaust Gas Cleaning System Association* (EGCSA), EGCS adalah sebuah sistem dimana gas buang yang dibersihkan dengan sistem basah menggunakan media air dan ada beberapa desain berbeda dari sistem pembersihan gas buang laut (sering disebut *scrubber*) yang menghilangkan sulfur oksida dari mesin kapal dan gas buang *boiler*. *Scrubber* adalah perangkat untuk mengendalikan polusi udara dan digunakan untuk menghilangkan beberapa partikulat dan gas dari aliran gas pembuangan sisa pembakaran pada mesin kapal. Sebenarnya pada sistem *scrubber*, gas buang datang dari *Main Engine* maupun *Marine Diesel Generator Engine*. Kemudian gas buang tersebut dibersihkan oleh air laut melalui pompa air laut dan kemudian air laut tersebut melakukan *spray* pada *nozzle* yang terdapat pada *scrubber* itu sendiri. Tujuan utamanya adalah menetralkan komponen berbahaya dalam aliran gas buang pada kapal. Penghapusan partikel gas yang menyebabkan banyak masalah dari aliran gas selama proses sangatlah diperlukan sebelum membuang gas di udara terbuka. Instalasi tersebut berfungsi dengan mempertemukan aliran gas buang dengan air laut yang berbentuk kabut melalui *spray nozzle*. Karena kontak ini, komponen gas tertentu larut dan tertinggal di dalam air laut dan keluar menuju saluran *overboard*.

Terjadi perpindahan komponen-komponen dari fasa gas ke fasa cair. Ini adalah proses penyerapan. Kelarutan unsur-unsur dalam cairan akan menentukan sejauh mana komponen gas larut ke dalam fase cair. Oleh karena itu, sangat penting ketika gas buang bercampur dengan air laut sebagai zat penyerap untuk mengubah atau menetralkan gas terlarut. Tindakan yang lebih ketat diambil dalam hal polusi udara yang diperbolehkan. Perusahaan didorong untuk mengambil tindakan yang diperlukan. Mengenai hal ini, *scrubber* gas sangat penting dalam regulasi Marpol Annex 6 dimana gas yang berpotensi menyebabkan pencemaran polusi udara dapat dikurangi kadar gas buangnya. Bila kita menggunakan *scrubber* secara optimal, kita dapat mencapai efisiensi penghilangan partikel gas berbahaya yang sangat tinggi. Oleh karena itu asap yang dikeluarkan ke udara luar tidak lagi

merusak lingkungan udara sekitar serta aman jika terhirup oleh manusia.

4. Sistem Gas Buang

Sistem pembuangan yakni saluran yang digunakan untuk membuang sisa hasil pembakaran pada mesin pembakaran dalam. Sistem pembuangan terdiri dari beberapa komponen, minimal terdiri dari satu pembuangan. Saluran pembuangan di kapal disebut juga *exhaust manifold*, salah satu fungsi dari saluran gas buang adalah sebagai peredam suara yang dikeluarkan dari mesin (Hidayatulloh,dkk.2022). Perencanaan pemilihan saluran gas buang juga harus diperhitungkan untuk mengetahui apakah gas buang yang akan dikeluarkan aman. Gas buang tersebut akan disalurkan melalui *exhaust manifold* kemudian melalui *funnel* dan berakhir ke udara luar. Gas buang yang dihasilkan perlu melalui beberapa filter agar tidak menyebabkan polusi udara yang tidak baik untuk kesehatan manusia maupun untuk lingkungan maritim. Berikut gambar *funnel* pada kapal dimana penulis melakukan praktek laut.



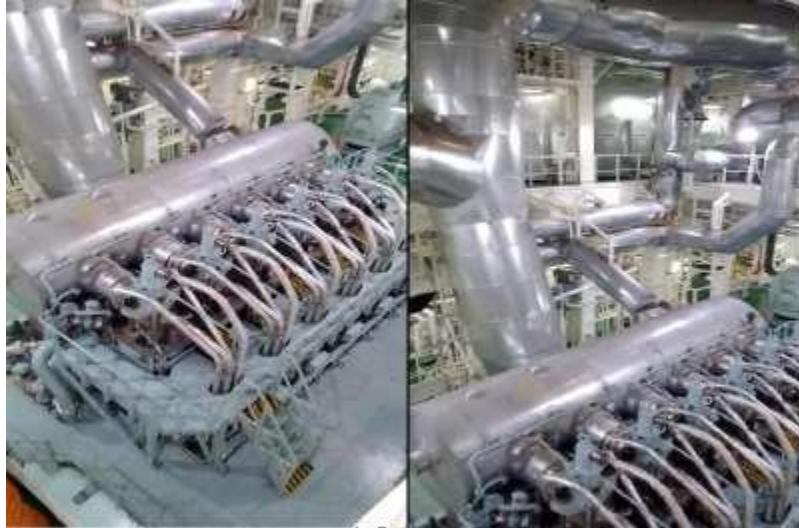
Gambar 2.1 *Funnel* pada kapal MV. PAN EPIC

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

5. Exhaust Manifold

Exhaust Manifold atau manifold buang merupakan komponen pertama dari *exhaust* yang berhubungan dengan mesin yang berfungsi untuk menerima pembuangan pertama dari tiap silinder kemudian disalurkan menjadi satu selanjutnya, akan mengalirkan gas hasil pembakaran pada tiap-tiap silinder ke pipa saluran buang (*exhaust pipe*) kemudian dilanjutkan ke *catalytic* lalu ke *muffler* dan juga bertujuan untuk mengurangi tekanan balik dan menyalurkan gas buang dari ruang bakar menuju ke komponen lain sistem gas buang (Wahyu, R. 2019). Bila *exhaust manifold* ini mengalami kebocoran maka gas buang yang

dihasilkan tidak akan disaring sehingga bila gas ini terhirup oleh manusia akan sangat berbahaya.



Gambar 2.2 *Exhaust Manifold* MV. PAN EPIC

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

B. TEORI

International Maritime Organization (IMO) mengeluarkan regulasi perjanjian internasional tentang penanggulangan pencemaran laut yang dihasilkan oleh kapal di lingkungan maritim yaitu adalah aturan Marpol 73/78 atau *International Convention for the Prevention from Ship*. Mulai dari Annex 1 tentang pencegahan pencemaran tumpahan minyak di laut, Annex 2 tentang pencegahan pencemaran dari zat cair berbahaya, Annex 3 tentang pencegahan pencemaran muatan berbahaya dalam bentuk kemasan, Annex 4 tentang pencegahan dari kotoran manusia atau *sewage* yang dihasilkan oleh kapal, Annex 5 tentang pencegahan pencemaran sampah dari kapal, penulis akan mengangkat mengenai pencegahan polusi udara di laut dan berkaitan pada Annex 6 *Marine Pollution* (Marpol 73/78) dengan membahas mengenai *Scrubber* pada *machinery Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS) di kapal tempat penulis melakukan praktek laut yaitu di MV. PAN EPIC.

1. Prinsip Kerja *Scrubber*

Scrubber adalah salah satu instalasi yang fungsi utamanya menetralkan komponen-komponen berbahaya pada udara industri atau aliran gas buang pada

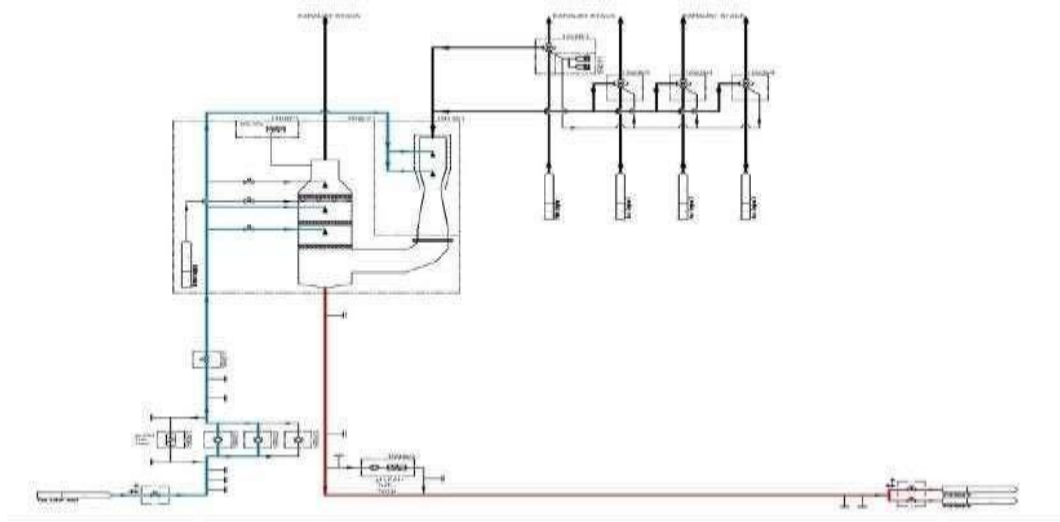
funnel kapal, misalnya untuk mencegah asap yang menimbulkan efek iritasi atau menimbulkan gangguan pada sistem pernafasan manusia. Partikel gas yang menyebabkan masalah ini harus dihilangkan dari aliran gas selama proses sebelum gas tersebut dibuang ke udara terbuka. Dalam beberapa kasus, penggunaan *scrubber* juga dapat memulihkan bahan mentah tertentu setelah perawatan. Keuntungan besarnya adalah keserbagunaan *scrubber* gas di berbagai sektor, termasuk industri kimia dan industri pelayaran. Instalasi berfungsi dengan mendekatkan aliran gas dengan cairan pencuci. Karena kontak ini, komponen gas tertentu larut dan tertinggal di dalam air. Dengan demikian terjadi perpindahan komponen dari fasa gas ke fasa cair, disebut juga absorpsi. Kelarutan partikel dalam cairan akan menentukan sejauh mana komponen gas larut ke dalam fase cair.

Oleh karena itu, sangat penting untuk bekerja dengan cairan yang tepat sebagai zat penyerap. Berdasarkan jenisnya, *scrubber* memiliki 2 jenis yang berbeda yaitu *open-loop system* dan *closed-loop system*. Pada sistem *open-loop system* menetralkan SO_x dengan memanfaatkan alkalinitas alami air laut yang kemudian dibersihkan dan dibuang kembali ke laut atau biasa disebut sistem timbal balik. Sistem *closed-loop* yang khas menggunakan air tawar yang dicampur dengan natrium hidroksida, air cucian kemudian dimurnikan dan disirkulasi ulang, dan lumpur sisa yang dihasilkan disimpan dalam tangki dan dibuang di pelabuhan berikutnya yang menawarkan fasilitas yang sesuai.

Sistem *loop* tertutup dapat digunakan terlepas dari komposisi air tempat kapal beroperasi, termasuk muara dan badan air tawar seperti *great lakes*. Di sisi lain, *scrubber loop* terbuka tidak bekerja secara efektif di perairan dengan salinitas rendah. *Scrubber* yang akan dibahas oleh penulis adalah *scrubber loop* terbuka, sesuai dengan tipe yang berada diatas kapal. Pada kapal MV. PAN EPIC menggunakan *scrubber* jenis *open-loop scrubber discharge*. EGCS bekerja Untuk mematuhi peraturan emisi sulfur pada gas buang.

Gas Buang *PureSO_x* Sistem pembersihan (EGCS) menghilangkan sulfur oksida (*SO_x*) dari cerobong gas. Sebagai efek sekunder, sistem juga menghilangkan sebagian Partikular Materi (PM). Tindakan yang lebih ketat telah diambil di seluruh dunia sehubungan dengan polusi udara yang diperbolehkan dan perusahaan didorong mengambil tindakan yang diperlukan *scrubber* gas diwajibkan secara hukum di industri pelayaran di mana masyarakat di sekitar

pesisir pelabuhan terpapar gas yang berpotensi terkontaminasi. Ketika *scrubber* digunakan secara optimal, efisiensi penghilangan partikel gas berbahaya yang sangat tinggi dapat dicapai. Artinya, asap yang dikeluarkan ke udara luar tidak lagi merusak lingkungan dan aman bagi sistem pernafasan manusia.



Gambar 2.3 Sketsa Sistem Kerja *Exhaust Gas Cleaning System*
Sumber : (Manual Book Operation)

Tabel 2.1 *Sulphur Oxide Scrubber System Criteria*

Scrubber design criteria	Value	Unit
Max exhaust gas flow	38.7	kg/s
SO_x-reduction:		
Inlet: Max fuel sulphur content	3.5	%S
Outlet: Equivalent to fuel sulphur content (ECA)	0.1	%S
Outlet: Equivalent to fuel sulphur content (outside ECA)	0.5	%S

Sumber : (Manual Book Operation)

Berdasarkan Tabel 2.1 *Sulphur Oxide Scrubber System Criteria* mengenai standar kadar *sulphur oxide* yang desain oleh *maker*. Maksimal jumlah gas buang yang diizinkan adalah 38.7 kilogram/detik, untuk penggunaan bahan bakar *HSFO* dengan kadar sulfur 3.5% ketika berlayar atau diluar dari wilayah *Sulphur Emission Control Area* (SECA), maka penggunaan *scrubber* diperlukan untuk menurunkan kadar sulfur menjadi 0.5%. *Bunker Change* perlu dilakukan sebelum memasuki *Emission Control Area* (ECA) mengganti penggunaan bahan bakar dari *HSFO* menjadi *LSMGO* dan untuk penggunaan bahan bakar *LSMGO* yang

mempunyai kadar sulfur 0.1% dan memasuki wilayah Sulphur Emission Control Area (SECA), maka penggunaan scrubber tidak diperlukan atau *Exhaust Gas Cleaning System* (EGCS) tidak beroperasi karena kadar sulfur pada LSMGO sudah sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu dengan kadar sulfur 0.1%.

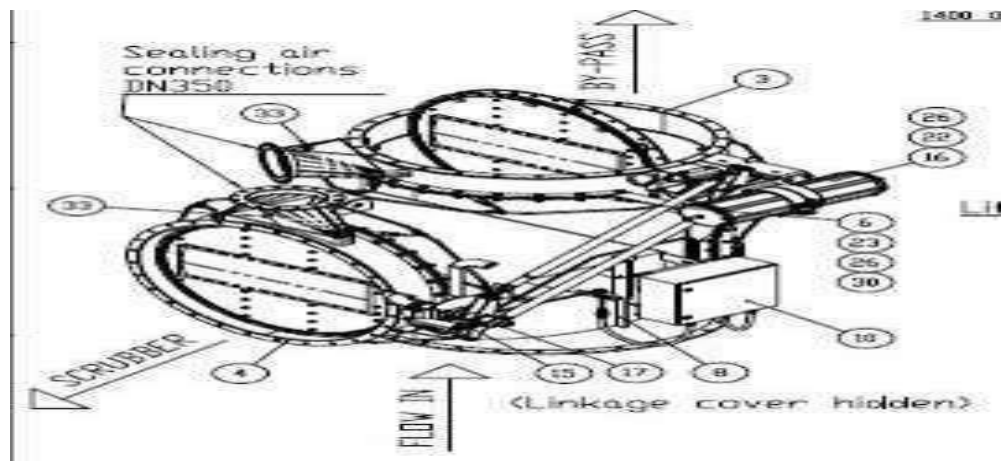
Berdasarkan *Instruction Manual Book* dan *SOx Emissions Compliance Plan* (SECP) menetapkan jika terjadi malfungsi sistem kapal, harus sesegera mungkin mengambil tindakan perbaikan untuk memulihkan fungsionalitas yang sesuai, atau berhenti menggunakan bahan bakar yang tidak sesuai. Maksud dari ketentuan di atas adalah jika kapal saat berlayar menggunakan HSFO dan kemudian mendapati permesinan EGCS mengalami trouble. Harus dilakukan perbaikan dan segera mungkin melakukan Bunker Change agar tetap mengikuti peraturan yang ada dan beralih penggunaan bahan bakar menjadi LSMGO. *Regulation of 3 Marpol Annex VI* menyatakan bahwa peraturan emisi tidak berlaku untuk emisi apa pun yang diakibatkan oleh kerusakan pada kapal atau peralatannya, jika tindakan pencegahan telah diambil setelah terjadinya kerusakan atau ditemukannya emisi untuk tujuan mencegah atau meminimalkan emisi.

Terdapat tiga cara bagi kapal untuk memenuhi *IMO Global Sulphur Cap 0.5%*. Yang Pertama adalah menggunakan bahan bakar LNG atau bahan bakar cair bertitik nyala rendah (*Low Flashpoint Fuel*) seperti methanol. Untuk LNG dan methanol, IMO sudah menyediakan regulasinya dalam (*International Code for Ships using Gases and other Low Flashpoint Fuels*), yang diadopsi pada tahun 2015. Dalam penggunaan LNG sebagai bahan bakar kapal, diperlukan instalasi dan permesinan bantu dalam kapal dengan biaya yang besar. Lebih lanjut, pengetahuan dan kompetensi kru kapal sangat dibutuhkan untuk menunjang kelancaran dalam pengoperasian kapal berbahan bakar LNG. Cara kedua adalah beralih ke BBM yang berkadar di bawah 0.5%. *Low Sulphur Fuel* seperti *MGO* (*Marine Gas Oil*) atau Distilate fuel selain harganya yang lebih mahal, ketersediaannya juga diragukan oleh pihak pelayaran. Tidak banyak *refinery* (produsen BBM) yang memproduksi *MGO* dengan tetap menjaga keekonomian bisnisnya (Simanjuntak, 2019). Cara ketiga adalah dengan menggunakan scrubber. Pemasangan sistem *Scrubber* pada kapal dengan bahan bakar *high sulfur fuel oil* (HSFO) berpotensi untuk mereduksi polusi laut. Penelitian ini mengkaji tentang perbandingan penggunaan HSFO yang dilengkapi *scrubber* pada permesinan kapal dengan penggunaan *low sulfur fuel oil* (LSFO) ditinjau dari biaya dan daya bahan bakar yang dihasilkan.

2. Komponen pada *Scrubber Exhaust Gas Cleaning System*

a. 3 Way Damper Valve

3 Way Damper Valve berfungsi membuka atau menutup aliran gas buang menuju *Scrubber* maupun *Bypass*, tergantung bahan bakar apa yang digunakan ketika kapal beroperasi atau berlayar. Dimana ketika berlayar menggunakan *HSFO* aliran gas buang sisa pembakaran akan dialirkan menuju *scrubber* dan ketika memasuki area *SECA* (*Sulphur Emission Control Area*) biasanya saat sebelum memasuki Pelabuhan maka diperlukan *Bunker Change* atau penggantian bahan bakar menggunakan *LSMGO* yang lebih rendah sulfur sehingga 3 Way Damper Valve membuka dan mengarahkan pembakaran sisa gas buang menuju *Bypass* karena *EGCS* tidak dioperasikan.



Gambar 2.4 3 Way Damper Valve

Sumber : (*Manual Book Operation*)

1) Damper Valve posisi menuju *Bypass* terbuka



Gambar 2.5 3 Way Damper Valve membuka menuju *Bypass*

Sumber : (*Dokumentasi Penulis*)

Aliran gas pembuangan sisa pembakaran pada gambar di atas menunjukkan bahwa posisi *3 Way Damper Valve* membuka menuju *Bypass* yang sudah diketahui bahwa *Bypass* membuka ketika kapal menggunakan bahan bakar *LSMGO* yang rendah sulfur dan tidak memerlukan *spray* dari *nozzle* EGCS.

2) *Damper Valve* posisi menuju *Scrubber* terbuka



Gambar 2.6 *3 Way Damper Valve* membuka menuju *Scrubber*
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

Aliran gas pembuangan sisa pembakaran pada gambar diatas menunjukkan bahwa posisi *3 Way Damper Valve* membuka menuju *scrubber* yang sudah diketahui bahwa posisi *scrubber* membuka ketika kapal menggunakan bahan bakar *HSFO* yang merupakan bahan bakar dengan kadar sulfur yang cukup tinggi dan memerlukan *spray* dari *nozzle* EGCS untuk membersihkan gas buang sisa pembakaran sebelum melewati *funnel* agar gas pembuangan dapat aman ketika terhirup oleh manusia maupun bagi lingkungan untuk mengikuti regulasi Marpol Annex 6 mengenai pencegahan polusi udara dari kapal. Dalam mengoperasikan *3 Way Damper Valve* sangat membutuhkan angin atau udara yang memiliki *pressure* tinggi yang berasal dari *air compressor*.

b. *Spray Nozzle*



Gambar 2.7 *Nozzle Exhaust Gas Cleaning System*
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

Nozzle sendiri berfungsi untuk menyuplai air laut dari pompa dalam bentuk kabut untuk membersihkan gas buang sisa pembakaran pada *scrubber* EGCS atau dapat kita sebut sebagai *filter carbon* atau residu yang terbawa pada gas buang sehingga *carbon* tidak terbawa menuju udara bebas dan *carbon* keluar menuju *Overboard* atau kembali ke laut. Adapun perawatan mengenai *Nozzle* pada gambar diatas yaitu dengan melakukan pembersihan menggunakan angin bertekanan atau bisa juga menggunakan air tawar untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada *Nozzle* dimana kotoran tersebut berasal dari air laut berupa kerang atau *microbiota* laut. Jika *Nozzle* tidak dilakukan perawatan, maka akan terjadi penyumbatan dan berpengaruh besar pada operasional *Sea Water Scrubber Pump* sehingga *pressure* pada pompa akan mengalami abnormal dan akan terjadi kerusakan yang akan merugikan baik untuk *Engineer* maupun perusahaan itu sendiri dikarenakan *cost* perbaikan yang tidaklah murah pada suku cadangnya.

c. *Sea Water Inlet Monitoring*



Gambar 2.8 *Sea Water Inlet Monitoring*
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

Sea Water Inlet Monitoring berfungsi untuk mengetahui kadar PAH (*Poly Aromatic Hydrocarbons*), kadar PH (*Potential Hydrogen*) atau kadar keasaman pada air laut sehingga dapat dipastikan bahwa air laut masih batas aman dan tidak merusak pada sistem EGCS. Pada monitor juga terdapat *Flow Rate* untuk mengetahui *volume* aliran air laut yang mengalir pada pipa serta terdapat *indicator* mengenai *temperature* air laut saat setelah memasuki *Sea Water Scrubber Pump* untuk mengetahui bahwa air laut dalam suhu yang baik atau layak dalam arti tidak terlalu dingin atau membeku. Jika *temperature* air laut dalam keadaan rendah akan berpotensi menyebabkan pompa tidak optimal dalam beroperasi dan juga beberapa pipa yang berkaitan dengan *Sea Water Scrubber Pump* akan mengalami retak dan berakhir pecah karena suhu ekstrim, disarankan agar tidak mengoperasikan EGCS Pada area tertentu dikarenakan situasi dan kondisi, bahan bakar beralih menggunakan *LSMGO* agar *Sea Water Scrubber Pump* tidak beroperasi dan mencegah terjadinya beberapa kerusakan yang akan dialami oleh pompa.

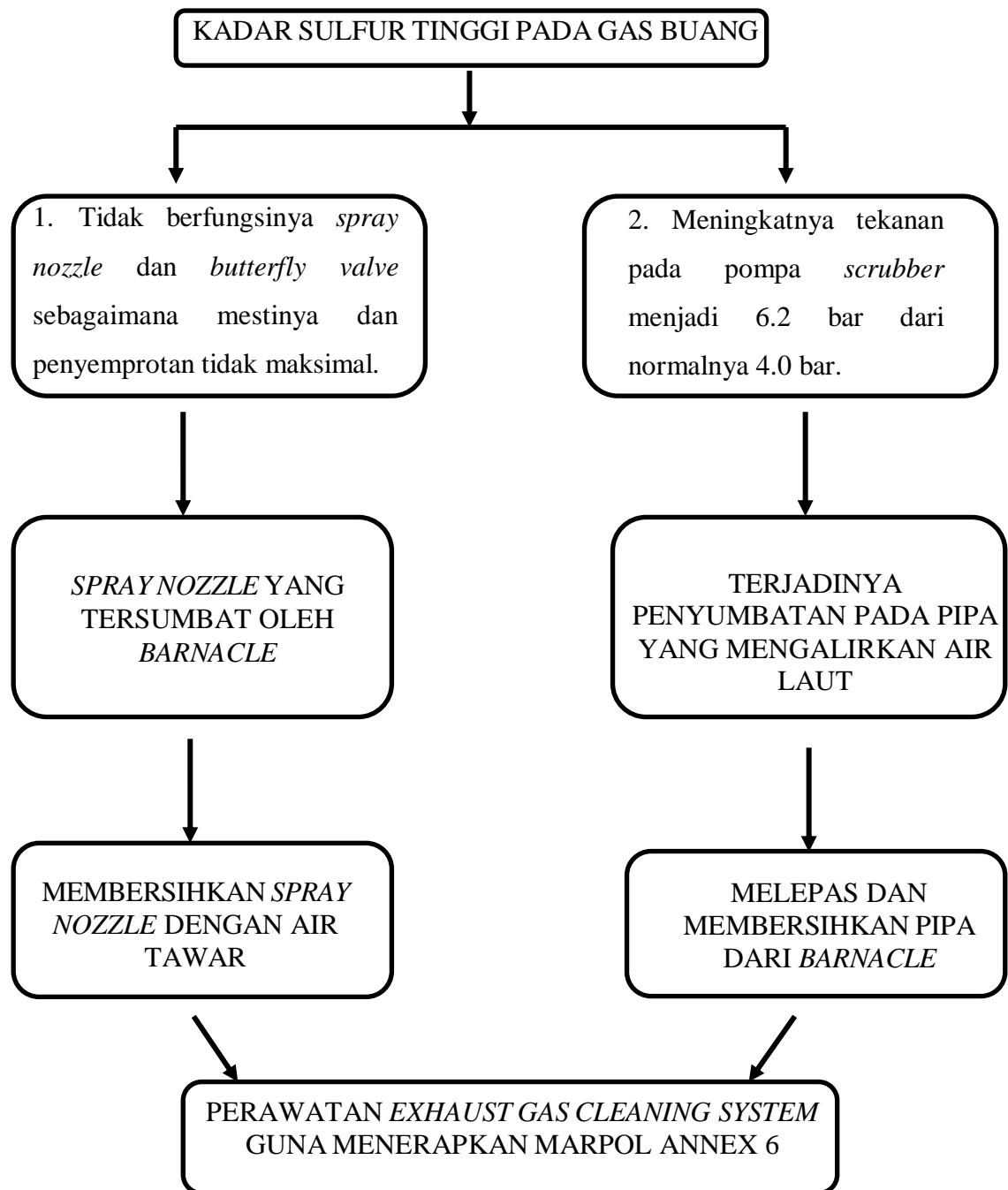
d. Sea Water outlet Monitoring



Gambar 2.9 *Sea Water Outlet Monitoring*
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

Sea Water Outlet Monitoring berfungsi untuk mengetahui kadar PAH (*Poly Aromatic Hydrocarbons*), kadar PH (*Potential Hydrogen*) atau kadar keasaman pada air laut sehingga dapat dipastikan bahwa air laut masih batas aman untuk lingkungan sebelum menuju *Overboard*. Pada monitor juga terdapat *Flow Rate* untuk mengetahui volume aliran air laut yang mengalir pada pipa serta terdapat *indicator* mengenai *temperature* air laut setelah digunakan untuk *spray* gas buang sisa pembakaran pada *Scrubber Exhaust Gas Cleaning System* untuk mengetahui bahwa air laut dalam suhu yang baik atau layak untuk lingkungan sebelum menuju *Overboard*. Panel ini sangatlah berguna bagi *Engineer* sebagai acuan dalam mengontrol air laut setelah digunakan pada *scrubber* agar tidak mencemari ekosistem laut.

C. KERANGKA PEMIKIRAN



Gambar 2.10 Kerangka Pemikiran

BAB III

METODE PENELITIAN

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada saat penulis melaksanakan praktek laut di kapal MV PAN EPIC selama kurang lebih 12 bulan, terhitung sejak tanggal 04 Agustus 2022 sampai 05 Agustus 2023.

2. Tempat dan Profil Penelitian

Penelitian dilakukan di atas kapal MV PAN EPIC dengan data-data kapal sebagai berikut :

<i>Ship's Name</i>	: PAN EPIC
<i>Ship's Type</i>	: Bulk carrier
<i>Call Sign</i>	: 3FLN3
<i>Port of Registry / Flag</i>	: PANAMA
<i>IMO Number</i>	: 9882437
<i>Owner Ship</i>	: POS MARITIME ND.S.A
<i>Shipping Management</i>	: POS SM Co.,Ltd
<i>Technical Manager</i>	: Pan Ocean Co.,Ltd
<i>Class Society</i>	: KOREAN REGISTER (KR)
<i>P & I Club / H&M</i>	: BRITANNIA
<i>Year of Built</i>	: 2020
<i>Length Overall</i>	: 299.95m
<i>Length Between Perpendicular</i>	: 294.42 m
<i>Breadth</i>	: 50.00 m
<i>Depth</i>	: 25.00 m
<i>Deadweight</i>	: 208.000 MT
<i>Gross Tonnage</i>	: 108.692 MT
<i>Net Tonnage</i>	: 67.194 MT
<i>Summer Draft</i>	: 18.37 m

<i>Summer Freeboard</i>	: 4.50 m
<i>Main Engine</i>	: HYUNDAI MAN B&W 6G70ME-C10.5 with LP-SCR
Generator (3 Sets)	: 3 x YANMAR/6EY22ALWS
FW Generator	: SASAKURA XM25
Cargo Hold	: 9
Capacity	: 223.065.38
<i>HFO Capacity</i>	: 972.4 m ³
<i>MDO Capacity</i>	: 493 m ³
<i>Lubricating Oil Capacity</i>	: 61.6 m ³
<i>Fresh Water Capacity</i>	: 288.3 m ³

B. METODE PENDEKATAN

Jenis penelitian yang dilakukan menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kualitatif memfokuskan pada memberikan gambaran dan penjelasan yang mendalam mengenai keadaan atau gejala yang dihadapi dalam konteks *machinery Exhaust Gas Cleaning System* di kapal MV. PAN EPIC. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara triangulasi, yaitu kombinasi beberapa metode seperti observasi, wawancara, dan studi dokumen untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif.

Analisis data dalam penelitian kualitatif bersifat induktif, yang berarti data dianalisis untuk mengidentifikasi pola, tema, atau makna yang muncul dari data itu sendiri, tanpa membatasi diri pada hipotesis sebelumnya. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mendalam ke dalam konteks dan makna dari setiap fenomena yang diamati, yang lebih menekankan pada pemahaman mendalam daripada generalisasi statistik.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan, menjelaskan, dan memberikan jawaban yang rinci terhadap pertanyaan-pertanyaan yang muncul terkait permasalahan yang ditemui selama praktek laut di kapal MV. PAN EPIC, khususnya terkait dengan *sistem Exhaust Gas Cleaning System*. Proses penelitian ini didasarkan pada metodologi yang ketat, dengan fokus pada pemahaman yang mendalam terhadap fungsi, masalah potensial, dan solusi yang relevan dalam operasi sistem tersebut di lingkungan maritim.

Dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berharga dalam memperbaiki pemahaman dan praktik terkait sistem *machinery* di kapal, serta memberikan rekomendasi yang dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan operasional kapal MV. PAN EPIC dalam jangka panjang.

C. SUMBER DATA

1. Data Primer

Dalam skripsi ini pengumpulan data primer diperoleh penulis pada saat berada di atas kapal MV. PAN EPIC tepatnya pada saat melakukan praktek laut dengan pengamatan dan pencatatan secara langsung terkait dengan pola perilaku subjek, objek atau kejadian yang sistematis selama 1 tahun di atas kapal. Diharapkan dari pengamatan ini, penulis ikut terlibat menjadi bagian yang integral dari sistem yang diamati atau bagian dari kelompok kerja dalam organisasi di atas kapal maka data dan informasi yang diperoleh cenderung banyak, realistis dan akurat. Data primer yang digunakan yaitu :

- a. Fakta tentang kurangnya perhatian serta perawatan dalam permesinan *Exhaust Gas Cleaning System*.
- b. Fakta tentang cara mengatasi permasalahan yang terjadi oleh kru mesin di MV. PAN EPIC selama pengoperasian permesinan *Exhaust Gas Cleaning System*.
- c. Fakta tentang dokumentasi mengenai *trouble* yang terjadi pada saat pengoperasian permesinan *Exhaust Gas Cleaning System*.

2. Data Sekunder

Dalam skripsi ini pengumpulan data sekunder diperoleh berdasarkan sumber data yang tidak langsung dengan memberikan data pada pengumpul data, peneliti harus melalui orang lain dan dokumen terlebih dahulu. Berdasarkan paparan di atas, maka sumber data sekunder dalam penelitian ini yaitu berupa bahan tertulis atau bahan perpustakaan, yakni buku, artikel, literatur, jurnal ilmiah, dan terbitan ilmiah yang membahas masalah dalam penelitian *Exhaust Gas Cleaning System*.

D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Teknik pengumpulan data yang penulis gunakan pada skripsi ini didasarkan pada fakta dan informasi yang diperoleh penulis selama praktek laut di atas kapal MV. PAN EPIC

serta buku-buku yang dibahas penulis dalam karya ini. Penulis juga mengajukan banyak pertanyaan kepada masinis 1 atau First Engineer di kapal MV. PAN EPIC dimana tempat penulis melakukan praktek laut. Teknik pengumpulan data yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Teknik Observasi

Teknik observasi menyatakan bahwa melalui observasi peneliti belajar tentang perilaku dan makna dari perilaku secara langsung di lokasi untuk mengetahui apa yang terjadi dan membuktikan kebenaran dari penelitian yang akan dilakukan. Jadi, observasi merupakan aktivitas yang dilakukan untuk memperoleh pengetahuan penulis melalui indera. Teknik ini dilakukan berdasarkan pengamatan penulis secara langsung selama melakukan praktek laut di kapal MV. PAN EPIC. Teknik ini guna mengetahui apa saja yang terjadi di kamar mesin mengenai perilaku manusia sebagai operator permesinan dan khususnya mengamati sistem kerja dan proses berjalannya *Exhaust Gas Cleaning System* serta guna mengetahui dan menganalisa jika terjadi permasalahan pada permesinan tersebut, bagaimana cara mengatasinya agar permesinan berjalan sebagaimana mestinya.

2. Teknik Wawancara

Teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu wawancara. Wawancara digunakan sebagai metode pengumpulan data apabila peneliti ingin melaksanakan riset pendahuluan untuk menentukan permasalahan yang wajib diteliti, serta apabila peneliti ingin mengenali hal-hal dari responden yang lebih mendalam serta jumlah respondennya sedikit/kecil. Dalam penelitian ini responden yang dimaksud yaitu *First Engineer* yang bertanggung jawab sebagai kepala kerja di kamar mesin dan mewakili tanggung jawab dari *Chief Engineer*, serta *First Engineer* memiliki tanggung jawab mengenai operasional dan perawatan mengenai *machinery Exhaust Gas Cleaning System*. Wawancara sendiri merupakan pertemuan dua orang atau lebih untuk bertukar informasi dan ide melalui tanya jawab, sehingga dapat dikonstruksikan makna dalam suatu topik tertentu. Peneliti mencari suatu informasi mengenai pengalaman *First Engineer* selama berlayar, mengetahui sistem pengoperasian, perawatan, dan cara mengatasi masalah jika terjadi suatu keabnormalan pada *machinery Exhaust Gas*

Cleaning System yang tentunya berdasarkan pedoman *Instruction Manual Book Exhaust Gas Cleaning System* yang dibuat oleh *Maker* di kapal MV. PAN EPIC.

3. Studi Pustaka

Teknik pengumpulan data selanjutnya yaitu studi pustaka yang merupakan teknik pengumpulan data dengan cara mengumpulkan data dari laporan penelitian, buku-buku ilmiah, artikel, dan jurnal yang berkaitan dengan penelitian. Tahap ini sangat penting bagi peneliti untuk mempelajari dan mengetahui penelitian terlebih dahulu yang membahas mengenai permesinan *Exhaust Gas Cleaning System*. Setelah mempelajari dan mengetahui, peneliti dapat menyusun skripsi berdasarkan teori yang sudah ada. Penelitian ini mengambil studi pustaka dari beberapa buku referensi serta media internet tentang sistem kerja *Scrubber* pada *Exhaust Gas Cleaning System*.

4. Studi Dokumentasi

Teknik pengumpulan data melalui dokumentasi merupakan catatan peristiwa yang telah berlalu dan disajikan dalam bentuk tulisan, gambar ataupun karya monumental seseorang. Dalam penelitian ini, dokumentasi digunakan sebagai data pelengkap yang mendukung kelancaran sebuah skripsi. Dokumentasi yang dimaksud berupa catatan tentang riwayat perawatan kapal berdasarkan *Instruction Manual Book* dan pengumpulan data aktivitas yang dilakukan *crew* di kamar mesin yang tertulis pada *Engine Room Log Book* serta dokumentasi foto yang merupakan bukti bahwa suatu permesinan pernah dilakukan perawatan khususnya pada *machinery Exhaust Gas Cleaning System*.

E. TEKNIK ANALISIS DATA

Pada penelitian ini, metode yang digunakan peneliti yaitu dengan metode penelitian deskriptif kualitatif. Dengan teknik analisis data yang digunakan yaitu *narrative analysis*, teknik ini berguna sebagai teknik analisis dengan memaparkan atau menjelaskan secara lebih mengenai data-data penting yang tidak hanya berkaitan dengan konteks, namun juga waktu, tempat, spesifikasi permesinan, pengalaman pengoperasian permesinan, dan mungkin terdapat saran yang juga bisa menjadi bahan pertimbangan.

Penelitian ini berkaitan tentang *Auxiliary Machinery Exhaust Gas Cleaning System* yang berkesinambungan dengan teori yang relevan dengan permasalahan yang

diteliti. Kemudian peneliti dapat menganalisa pokok permasalahan di dalam penelitian, berawal dari timbulnya suatu masalah, apa yang menyebabkan suatu masalah dapat terjadi, tempat dan waktu kejadiannya suatu masalah, data yang dapat dikumpulkan, menganalisa suatu masalah, sehingga ditemukan solusi dan cara mengatasi permasalahan yang terjadi di atas kapal khususnya pada permesinan *Exhaust Gas Cleaning System*.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Pada perjalanan dari AESPA (Singapura) menuju Tubarao (Brazil), saat dalam pengoperasian berjalan terjadi hal yang tidak sesuai dengan keadaan normal seperti yang pernah terjadi di MV. PAN EPIC pada tanggal 7 Februari 2023, saat dalam pengoperasian berjalan terjadi hal yang tidak sesuai dengan keadaan normal, dimana tidak berfungsinya *spray nozzle* sebagaimana mestinya dan penyemprotan tidak maksimal sehingga mengakibatkan gas buang pada *funnel* menjadi cukup tebal, kejadian tersebut ditandai dengan datangnya alarm di *ECR (Engine Control Room)*, dikarenakan keterbatasan waktu yang cukup lama untuk mengatasi masalah yang ada, maka *First Engineer* melakukan pergantian bahan bakar atau yang kita kenal dengan istilah *Bunker Change* yang mulanya *HSFO* menjadi *LSMGO* dimana *LSMGO* sendiri memiliki kadar sulfur yang lebih rendah dibandingkan *HSFO* agar tetap aman dalam mengikuti regulasi Marpol Annex 6 tersebut. kemudian *First Engineer* menelusuri apa yang menyebabkan *spray nozzle* tersebut menjadi abnormal saat beroperasi, *First Engineer* melakukan analisa dengan visual terlebih dahulu sebelum berpedoman pada *Instruction Manual Book* untuk menemukan masalah yang terjadi di kapal MV. PAN EPIC. Setelah ditelusuri keadaan abnormal dialami pada pompa Scrubber nomor 1 dan nomor 3 mengalami tekanan yang tinggi.

Di hari yang sama dan setelah *First Engineer* menemukan adanya *over pressure* pada pompa Scrubber nomor 1 dan 3. Kemudian *First Engineer* melakukan *adjusting valve* terlebih dahulu pada *discharge pump* setelah mengetahui pompa mengalami *over pressure*, tetapi *pressure* tetap dan tidak mengalami perubahan pada indikator manometer pompa tersebut, *First Engineer* memutuskan untuk melakukan *Bunker Change* atas izin *Chief Engineer*. Perlunya dilakukan *Bunker Change* tersebut dikarenakan demi melakukan *Overhaul* pompa Scrubber disaat *EGCS* tidak beroperasi. Setelah *EGCS* tidak beroperasi, *First Engineer* mengatur *schedule* untuk

melakukan perawatan pada Scrubber pump dalam waktu dekat demi menghemat *cost* dalam penggunaan bahan bakar agar kapal dapat kembali menggunakan bahan bakar *HSFO*. Pada kapal MV. PAN EPIC, penggunaan bahan bakar *LSMGO* hanya digunakan ketika kapal memasuki *SECA* (*Sulphur Emission Control Area*) agar tetap mematuhi regulasi Marpol Annex 6.

B. ANALISIS DATA

1. Faktor Yang Menyebabkan Tidak Berfungsinya *Spray Nozzle* Dan *Butterfly Valve*

Berikut analisis mengenai tidak berfungsinya *spray nozzle* pada sistem EGCS, yaitu:

- a. Tersumbatnya *spray nozzle* karena banyaknya *barnacle* yang melekat. Pada masalah yang terjadi, *spray nozzle* mengalami penyumbatan dikarenakan terdapat *barnacle* yang terbawa pada sistem EGCS itu sendiri. Penyumbatan dapat terjadi ketika kapal melewati perairan dengan kadar air laut yang cukup buruk dan banyak kotoran sehingga kotoran tersebut masuk ke dalam *sea chest*. Di kapal MV. PAN EPIC tempat penulis melakukan praktek laut, *barnacle* yang terbawa pada sistem tidak terlalu besar, tetapi jika volumenya cukup banyak akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pada *sea chest* dan perlunya dilakukan perawatan serta pembersihan pada *sea chest* guna memastikan bahwa *sea chest* dalam keadaan yang optimal dan tidak mengalami kendala dalam kinerjanya. Pada *spray nozzle* diperlukan perawatan serta pembersihan menggunakan air tawar dan angin bertekanan tinggi sehingga dapat menghilangkan kotoran serta *barnacle* yang melekat pada *spray nozzle*.

Pembersihan *spray nozzle* dilakukan ketika kapal berhenti atau ketika kapal sedang *anchor*, dikarenakan bagian *spray nozzle* terdapat di dalam funnel EGCS yang terhubung dengan *funnel bypass*. Maka dari itu, perlunya *safety* dalam bekerja di atas kapal demi menghindari kecelakaan kerja di atas kapal dan memastikan bahwa *engine crew* tetap bekerja mengikuti SOP (Standar Operasional Prosedur) yang ada. Pada kapal MV. PAN EPIC, *engine crew* melakukan pembersihan pada malam hari dengan membagi tim kerja yang tidak terpusat dan terfokus pada *scrubber* saja.

Pembersihan pada *scrubber* bersamaan dengan perawatan pada *boiler*, *engine crew* melakukan perawatan pada *boiler* tepatnya di bagian *economizer*.



Gambar 4.1 *Spray Nozzle* dengan *Barnacle*
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa *spray nozzle* yang tersumbat oleh *barnacle* perlu dilakukan perawatan ataupun pembersihan, bukan hanya *barnacle* saja yang terbawa pada sistem, melainkan terdapat juga sampah sampah *microplastic* yang menyumbat pada *spray nozzle* sehingga sangat memberi pengaruh besar pada kinerja pompa EGCS menjadi tidak maksimal sebagaimana mestinya.

- b. Tersumbatnya *butterfly valve* karena banyaknya *barnacle* yang melekat. Penyumbatan tidak hanya terjadi pada *spray nozzle* saja, banyaknya *barnacle* dikarenakan minimnya pengecekan dan perhatian *Engineer* terhadap permesinan bantu EGCS. Penyumbatan juga terjadi pada *butterfly valve* yang menyuplai air laut menuju *spray nozzle*. Dimana saat pengecekan *pipe line* pada sistem EGCS, *engineer* menemukan adanya kendala terhadap *butterfly valve* yang abnormal dalam beroperasi dan tidak dapat terbuka secara penuh dikarenakan banyaknya *barnacle* yang melekat dan menyumbat pada *valve* sehingga menyebabkan tingginya *pressure* pada *scrubber pump of EGCS (Exhaust Gas Cleaning System)*. Korosi yang cukup parah juga menjadi kendala dalam kinerja *butterfly valve* dalam proses membuka ataupun menutup. Putaran pada engsel *butterfly valve* menjadi tidak maksimal. *Butterfly valve* sudah tidak layak untuk digunakan kembali dan perlu mengganti dengan *butterfly valve* yang baru. Demi mencegah terjadinya kembali ketidaklancaran pada engsel *butterfly*

valve dalam beroperasi dan akan berpengaruh terhadap kinerja serta pressure pada *scrubber pump of EGCS (Exhaust Gas Cleaning System)*



Gambar 4.2 Banyaknya *barnacle* yang melekat pada *butterfly valve*
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

2. Faktor Meningkatnya Tekanan Pada Pompa *Scrubber*

Pasca terjadinya penyumbatan pada *spray nozzle*, mulanya terdapat indikasi pada pompa *scrubber* nomor 1 dan 3 yang saat itu sedang beroperasi. *Pressure Discharge* pada pompa menunjukkan bahwa pompa berjalan abnormal dimana *manometer* pada pompa mengarah pada angka 6.2 Bar dari normalnya 4.0 Bar. mengetahui hal itu, *first engineer* mengambil langkah tepat dengan melakukan *bunker change* serta menghentikan pengoperasian *EGCS (Exhaust Gas Cleaning System)* tentunya atas izin *chief engineer* sebagai kepala kerja. Langkah tersebut dilakukan demi meminimalisir terjadinya *overpressure* pada pompa yang dapat mengakibatkan hancurnya gasket pada pompa karena tidak mampu menahan tekanan yang sangat tinggi dikarenakan penyumbatan pada *spray nozzle*. Bahan bakar telah terganti dari *HSFO* beralih menjadi *LSMGO* karena tidak beroperasinya *EGCS (Exhaust Gas Cleaning System)*. Jika *overpressure* diabaikan, keadaan akan menjadi memburuk serta tingginya *cost* yang diperlukan guna melakukan perawatan pada pompa *scrubber*. *First engineer* segera membuat *schedule* untuk melakukan perawatan serta perbaikan pada pompa dan tentunya mengganti beberapa *part* pada pompa *scrubber* yang rusak termasuk mengganti gasket yang ditemukan dalam keadaan sudah tidak layak pakai dikarenakan

tingginya *pressure* akibat tersumbatnya *spray nozzle* yang disebabkan oleh *barnacle* dan kotoran yang terbawa pada sistem.



Gambar 4.3 *Overpressure* yang terjadi pada pompa EGCS
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

C. ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

Perawatan *EGCS* pada kapal MV. PAN EPIC menerapkan *Predictive Maintenance* atau Perawatan Prediktif, dimana perawatan tersebut dilakukan berdasarkan analisis data dan pemantauan mengenai pengoperasian *EGCS* dikarenakan perawatan tersebut dilakukan saat di Pelabuhan saja. Pada saat *machinery* tersebut berjalan, terdapat kendala seperti tidak berfungsinya *spray nozzle* dan *butterfly valve* serta tingginya *pressure* pompa sehingga menyebabkan *pressure* menjadi abnormal. Menanggapi hal tersebut, *Engineer* pada kapal MV. PAN EPIC merubah penerapan perawatan menjadi *Corrective Maintenance* atau Perawatan Korektif dimana perawatan tersebut bertujuan untuk memperbaiki kerusakan dan mengembalikan kapal ke kondisi operasional. Adapun alternatif pemecahan masalahnya sebagai berikut :

1. Tidak Berfungsinya *Spray Nozzle* Dan *Butterfly Valve*

Berdasarkan dari hasil analisis data yang telah dilakukan, maka alternatif pemecahan masalah dari tidak berfungsinya *spray nozzle* pada sistem *EGCS* sebagai berikut :

- a. Perlunya dilakukan perawatan dan pembersihan secara berkala pada system *EGCS* guna mencegah penyumbatan yang terjadi dikarenakan banyaknya *barnacle* yang melekat pada *spray nozzle*. Serta untuk memastikan bahwa *spray nozzle* dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pada kapal MV. PAN EPIC, pembersihan dilakukan ketika kapal sedang berlabuh ataupun *anchor*. Dikarenakan posisi *spray nozzle* yang mengharuskan mesin tidak beroperasi

khususnya pada *main engine*. Berikut penulis menyertakan gambar yang menunjukkan letak daripada *spray nozzle*.

- b. Perlunya mengganti *spray nozzle* yang pecah dan sudah tidak layak pakai dikarenakan tingginya *pressure* pada pompa yang diakibatkan oleh *barnacle* yang melekat pada *spray nozzle*. Jika Engineer tidak melakukan penggantian *spray nozzle* dengan yang baru, maka air laut yang keluar melalui *spray nozzle* tidak dalam bentuk kabut, melainkan hanya seperti air yang keluar biasa dan memiliki tekanan. Keadaan abnormal tersebut menjadikan kadar sulfur pada gas buang menjadi tinggi tentunya melanggar Marpol Annex 6.



Gambar 4.4 *Spray Nozzle* yang sudah bersih serta letaknya pada EGCS
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

- c. Perlunya mengganti *butterfly valve* yang menyuplai air laut menuju ke *spray nozzle* dikarenakan kondisi daripada *butterfly valve* yang sudah tidak layak. Penggantian dilakukan karena tersedianya *stock spare part* pada kapal MV. PAN EPIC. Terdapat korosi serta *barnacle* yang melekat sehingga terjadinya gangguan pada saat *butterfly valve* beroperasi, *butterfly valve* tidak dapat terbuka secara penuh sebab tidak lancarnya engsel untuk proses membuka dan menutup dikarenakan korosi yang cukup parah dan *barnacle* yang menyumbat pada proses membuka dan menutup sistem kerja *butterfly valve* penyuplai air laut pada EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*)



Gambar 4.5 *Butterfly valve* yang sudah diganti dan terbuka secara penuh
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

Pada Gambar 4.5 menunjukkan *butterfly valve* yang telah diganti dan berhasil terbuka secara penuh setelah mengalami kondisi yang tidak layak untuk operasi. *Butterfly valve* ini berperan sebagai komponen yang mensuplai air laut ke *spray nozzle* dalam sistem EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*) di kapal MV. PAN EPIC.

2. Meningkatnya Tekanan Pada Pompa *Scrubber*

Alternatif pemecahan masalah berdasarkan analisis data yang telah dilakukan terhadap tingginya *pressure* pada *scrubber pump* menjadi 6.2 bar dari normalnya 4.0 bar adalah dengan melakukan *bunker change* serta menghentikan pengoperasian daripada *sea water scrubber pump of EGCS*. Selanjutnya melakukan *general overhaul* pada pompa untuk memastikan pompa dalam keadaan normal ketika beroperasi dan melihat secara visual pada gasket bahwa gasket masih dalam batas aman ketika digunakan. Adapun opsi yang dapat dilakukan oleh *engineer* adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan rekondisi pada gasket yang telah dibongkar agar dapat menghemat *stock* gasket pada *sea water scrubber pump*. Rekondisi dilakukan dikarenakan gasket masih layak pakai dan hanya diperbaiki sebab adanya sedikit kerusakan pada gasket.
- b. Melakukan pergantian gasket yang baru agar *sea water scrubber pump* dapat beroperasi optimal dan sebagaimana mestinya. Dikarenakan tersedianya *stock* gasket pada *store spare part* yang dapat digunakan untuk melakukan *overhaul*. Sehingga *engineer* tidak perlu mengkhawatirkan terhadap *part* yang diganti.

Apabila *assembling* telah dilakukan pada semua komponen-komponen pompa, *engineer* segera melakukan *line up* demi memastikan bahwa *flowing water* pada sistem EGCS tidak mengalami penyumbatan dan *piping line* dalam keadaan bersih serta tidak mengalami penyumbatan yang disebabkan oleh *barnacle* yang melekat pada pipa dan *spray nozzle*. Penulis mengambil gambar dimana pada saat permesinan bantu EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*) masih beroperasi dan *crew* mesin belum melakukan *bunker change*. Pengambilan gambar bertujuan untuk dokumentasi dan arsip untuk *engine departement* bahwa tekanan sempat mengalami *overpressure* sebagai bahan perbandingan ketika *machinery* sudah berjalan dengan normal ketika *pressure* 4.0 Bar atau ketika *machinery* sudah dilakukan perawatan serta *overhaul*. Setelah dilakukan *overhaul*, mesin beroperasi dengan normal sebagaimana mestinya



Gambar 4.6 *Pressure* normal 4.0 bar pada pompa setelah *overhaul*
Sumber : (Dokumentasi Penulis)

D. EVALUASI TERHADAP ALTERNATIF PEMECAHAN MASALAH

1. Tidak Berfungsinya *Spray Nozzle* Dan *Butterfly Valve*

- a. Melakukan perawatan dan pembersihan pada *spray nozzle* EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*).

Kelebihan :

- 1) Untuk menghilangkan kotoran dari *spray nozzle* yang dapat membantu *spray nozzle* menjadi optimal.
- 2) Menjaga kadar polusi udara agar tetap bersih dengan menggunakan sistem EGCS.
- 3) Mencegah terjadinya penyakit pada sistem pernafasan manusia

dikarenakan kadar polusi udara yang buruk dari kapal.

- 4) Menghemat penggunaan bahan bakar LSMGO yang memiliki kadar sulfur lebih rendah daripada HSFO.

Kekurangan :

- 1) Memerlukan waktu dan tenaga untuk melakukan perawatan dan pemeriksaan tersebut.
 - 2) Tidak dapat dilakukan perawatan ketika kapal sedang berlayar.
 - 3) Perlunya membuat *tools* khusus dalam pembersihan *spray nozzle*.
 - 4) Ketika *spray nozzle* rusak, minimnya *spare part* yang tersedia di atas kapal.
- b. Melakukan pergantian pada *butterfly valve* yang baru serta melakukan pemeriksaan pada *butterfly valve* saluran penyuplai air laut.

Kelebihan :

- 1) *Butterfly valve* mengalirkan air laut guna membersihkan kadar sulfur pada gas buang kapal.
- 2) Kontrol *valve* menggunakan sistem udara pejalan sehingga memiliki sistem *automatic*.
- 3) Mudahnya dalam proses membongkar dan memasang pada komponen *butterfly valve*.

Kekurangan :

- 1) Sulitnya permintaan terhadap *spare part butterfly valve* yang *original* di atas kapal sesuai ketentuan *maker*.
- 2) Pengoperasian membuka dan menutup *butterfly valve* bergantung pada suplai angin dari kompressor.
- 3) *Butterfly valve* yang tidak original memudahkan terjadinya korosi serta penyumbatan pada *butterfly valve* dikarenakan *barnacle*.

2. Meningkatkan Tekanan Pada Pompa *Scrubber*

Melakukan pergantian gasket dengan yang baru dan melakukan *general overhaul* pada pompa guna memastikan pompa beroperasi dengan normal.

Kelebihan :

- 1) Memastikan bahwa pompa tetap aman dan normal saat beroperasi ketika sudah dilakukan *overhaul*.
- 2) Membersihkan serta merawat komponen-komponen penting pada pompa dengan mengikuti pedoman *Instruction Manual Book*.
- 3) *Stock spare part original* yang banyak di kapal sehingga memudahkan dalam

melakukan *overhaul*.

Kekurangan :

- 1) Mudahnya *barnacle* masuk ke dalam pompa dikarenakan filter *strainer* bekerja tidak optimal.
- 2) Mudah terjadinya kerusakan pada *mechanical seal* pada pompa dikarenakan seringnya terjadi *stunting* pada *pressure* pompa.
- 3) Terbatasnya *chain block* di atas kapal dalam melakukan perawatan pada pompa.

E. PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif pemecahan masalah, maka diambil alternatif yang paling efektif yaitu :

1. Tidak Berfungsinya *Spray Nozzle* Dan *Butterfly Valve*

Upaya yang dilakukan demi mengatasi permasalahan tidak berfungsinya *spray nozzle* dalam pengoperasian permesinan bantu EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*) yaitu dilakukannya pemeriksaan serta perawatan pada *spray nozzle* di setiap kapal *anchor* atau berlabuh dan yang pastinya ketika EGCS tidak beroperasi. Alternatif ini dipilih karena jika tidak dilakukan perawatan secara berkala, *spray nozzle* menjadi tersumbat oleh berbagai macam kotoran seperti halnya *barnacle*. Ketika mengalami *trouble* seperti ini secara berulang, akan berpengaruh besar terhadap regulasi Marpol Annex 6 dan menghambat berjalannya bisnis pelayaran. Dengan melakukan upaya perawatan serta pemeriksaan secara berkala berdasarkan PMS (*Plan Miantenance System*). Kerusakan serta abnormal pada suatu permesinan bantu EGCS dapat dihindari dan memperpanjang usia pakai suatu permesinan EGCS. Maka dari itu perawatan serta pemeriksaan secara berkala sangatlah penting agar suatu permesinan dapat berjalan dengan normal serta sesuai standar saat beroperasi.

2. Meningkatkan Tekanan Pada Pompa *Scrubber*

Upaya yang dilakukan demi mengatasi permasalahan meningkatnya tekanan pada pompa *scrubber* dalam pengoperasian permesinan bantu EGCS (*Exhaust Gas Cleaning System*) yaitu dilakukannya pemeriksaan serta perawatan pada pompa *scrubber* di setiap mengisi *patrol checklist* guna memastikan bahwa *machinery* berjalan sebagaimana mestinya dan yang pastinya ketika EGCS tidak beroperasi. Alternatif ini dipilih karena jika tidak dilakukan perawatan secara

berkala, pompa akan mengalami *over pressure* sehingga dapat mengakibatkan gasket pada pompa menjadi pecah. Jika pompa mengalami *over pressure* akan berpengaruh besar terhadap regulasi Marpol Annex 6 dan menghambat berjalannya bisnis pelayaran serta tingginya *cost* bahan bakar karena selalu menggunakan LSMGO. Dengan melakukan upaya perawatan serta pemeriksaan secara berkala berdasarkan PMS (*Plan Miantenance System*). Kerusakan serta abnormal pada suatu permesinan bantu *scrubber pump* dapat dihindari dan memperpanjang usia pakai suatu permesinan EGCS khususnya pada pompa *scrubber*. Maka dari itu perawatan serta pemeriksaan secara berkala sangatlah penting agar suatu permesinan dapat berjalan dengan normal serta sesuai standar saat beroperasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Setelah peneliti menguraikan pembahasan pada bab-bab sebelumnya yang berkaitan dengan kinerja *Scrubber* pada *Exhaust Gas Cleaning System*, yang dianggap oleh peneliti sebagai hal yang sangat perlu diperhatikan diatas kapal agar tetap terjaga pencemaran polusi udara dan kadar sulfur yang rendah, khususnya pada kapal tempat peneliti melakukan praktek laut, ataupun pada kapal-kapal lain yang memiliki kesamaan pada sistem gas buang *Exhaust Gas Cleaning System*, selanjutnya diambil kesimpulan yang nantinya diharapkan dapat menjadi masukan yang bermanfaat diatas kapal pada masa yang akan datang. Berdasarkan uraian yang telah di bahas, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tidak berfungsinya *spray nozzle* dan *butterfly valve* dikarenakan adanya *barnacle* serta kotoran yang terbawa pada sistem sehingga menyebabkan pompa mengalami *overpressure* dan menghambat kinerja daripada pompa itu sendiri.
2. Meningkatnya tekanan pada pompa *scrubber* dikarenakan adanya penyumbatan yang terjadi pada *spray nozzle* yang terletak di *scrubber exhaust gas cleaning system*.

B. SARAN

Penelitian skripsi ini berkaitan terhadap kinerja *scrubber* pada *exhaust gas cleaning system*, adapun hal yang perlu dilakukan dalam menunjang pengoprasian, peneliti memberikan saran atau masukan, jika para pembaca terutama rekan - rekan satu profesi menemukan permasalahan yang sama pada *exhaust gas cleaning system* di atas kapal. Adapun saran tersebut sebagai berikut :

1. Untuk mencegah terjadinya kembali tidak berfungsi *spray nozzle* dan *butterfly valve* sebagaimana mestinya dan penyemprotan tidak maksimal pada *scrubber Exhaust Gas Cleaning System* dalam mengalirkan air laut menuju *funnel* untuk proses pembersihan kadar gas buang dan menurunkan kadar sulfur, yaitu dengan melakukan perawatan serta pembersihan pada *spray nozzle* dan *pergantian butterfly valve*. Apabila sudah tidak layak, maka perlunya dilakukan pergantian pada *spray nozzle* dalam *scrubber*, agar *spray nozzle* bersih dan optimal jika dilakukan pembersihan secara berkala serta agar tidak mudah kotor dan tersumbat.

Seringnya dilakukan pengecekan guna memastikan *machinery* selalu berjalan dengan lancar. Selain itu apabila terjadi kerusakan pada komponen- komponen yang berkaitan dengan *exhaust gas cleaning system*, gantilah dengan suku cadang yang baru agar permesinan berjalan dengan sebagaimana mestinya.

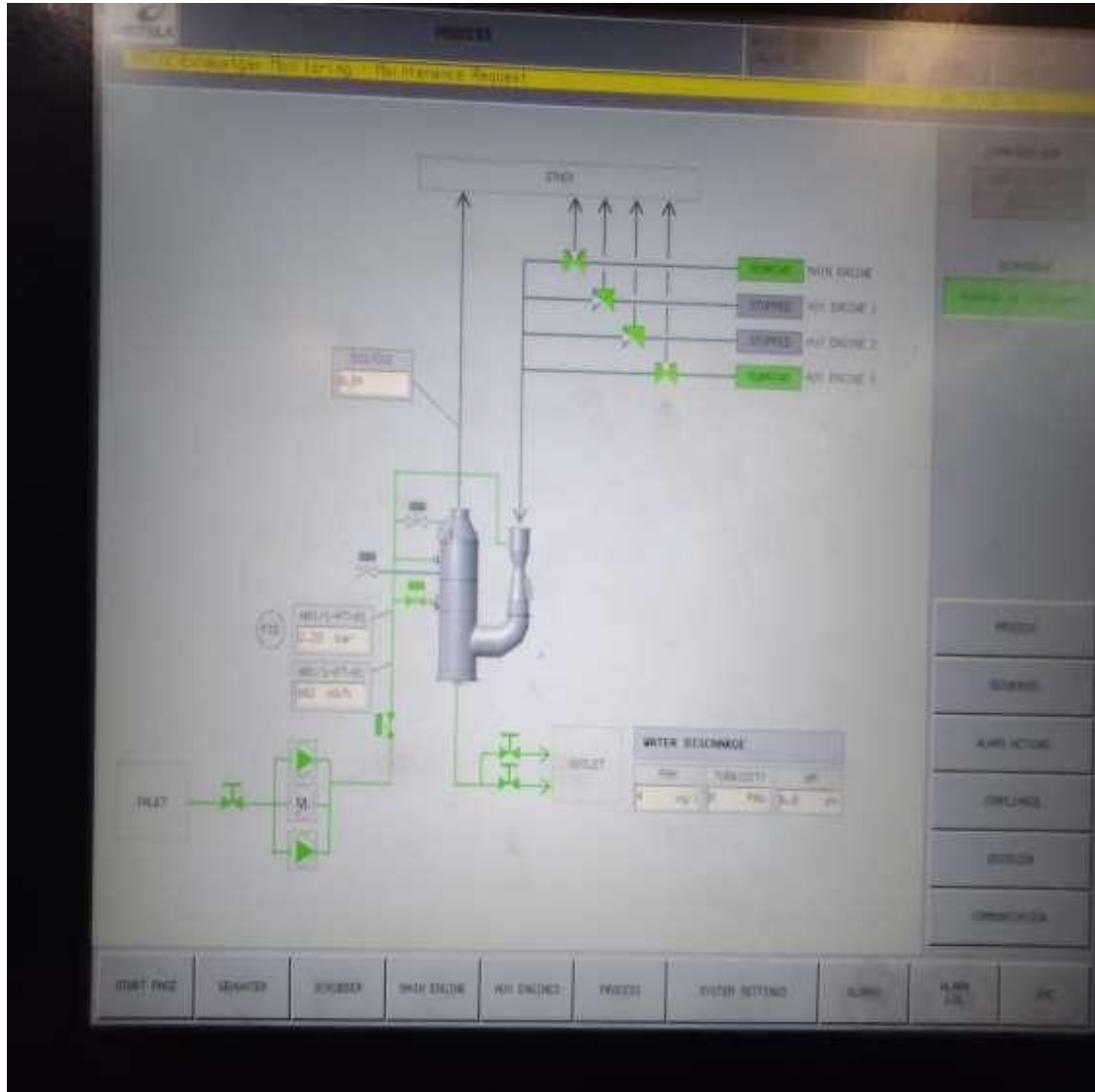
2. Untuk mencegah terjadi meningkatnya tekanan pada pompa *scrubber* pada *sea water scrubber pump*, yaitu dengan cara melakukan pemeriksaan dan perawatan pada *sea water scrubber pump*. Apabila komponen pompa telah rusak atau tidak layak jika dioperasikan, perlunya mengganti beberapa *part* yang berkaitan pada pompa seperti halnya gasket yang rusak akibat tingginya *pressure* sehingga gasket tidak kuat menahan tekanan berlebih tersebut. Dan juga selalu memperhatikan serta memeriksa *pressure* daripada pompa agar terhindar dari masalah ataupun *overpressure* dari pompa, pemeriksaan harus sering dilakukan agar *machinery* pompa dapat berjalan normal dan sebagaimana mestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, N., dan Mustajib, M.I. 2014. Sistem Perawatan Terpadu: Teknik dan Aplikasi Keandalan.
- Germann, André. 2019. *Scrubber mit Fragezeichen*. THB, halaman 3.
- Haq, M. I., & Riandadari, D. 2019. Penentuan penjadwalan *preventive maintenance* pada komponen mesin Callender di PT. Karet Ngagel Surabaya Wira Jatim. *Jurnal Pengembangan Teknologi Industri*, 09, 8–16.
- Hidayatulloh, R., & Habibi, H. 2022. *Analysis and preventive maintenance of gas engines in gas engine power plants. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 1626-1635).
- International Maritime Organization (IMO)*. 2005., *Adopted the protocol of 1997 (MARPOL Annex VI)*. *International Maritime Organization (IMO)*. London
- Marine Pollution (MARPOL)*. 2015. Annex VI Regulasi 14 mengenai *Sulphur Oxides (SOx) and Particulate Matter. Guidelines For Exhaust Gas Cleaning Systems*.
- Marine Pollution (MARPOL)*. 2020. Annex VI Regulasi 3 mengenai *SOx Emissions Compliance Plan (SECP)*. *Instruction Manual Book. Operation Exhaust Gas Cleaning System*. Finlandia
- Simanjuntak, M., Malau, A. G., Kalangie, T. J. F., & Sukmanofith, D. (2019). Kajian Tingkat Kebutuhan Kompetensi Berdasarkan Permenhub No. PM 7 Tahun 2018 Tentang Rencana Induk Pengembangan SKKNI Sektor Transportasi. *Meteor STIP Marunda*, 12(1), 1-14
- Wahyu, R. A. D. 2019. Perancangan sistem gas buang pada media pembelajaran Honda Jazz GD3 L15A
- Wahyudi,B.,Fachruddin,I. 2020. Analisis Daya dan Biaya Penggunaan Low Sulfur Fuel Oil (LSFO) dengan High Sulfur Fuel Oil (HSFO) dilengkapi Scrubber pada Kapal Niaga, 1(1), 31-37
- Wärtsilä Open Loop EGC System V-SOx 18MW*. 2020. *Instruction Manual Book. Operation Exhaust Gas Cleaning System*. Finlandia.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Scrubber Line System



Lampiran 2: Pembersihan pipa yang tersumbat *barnacle* pada *Scrubber*



Lampiran 3: Crew List MV. PAN EPIC



IMO CREW LIST

☐ Arrival ☒ Departure

1. Name of Ship PAN EPIC			1.2. IMO No. 9082437		1.3. Call Sign 3F1A3		1.4. Voyage Number 009	
2. Port of Departure TUBARAO, BRAZIL			3. Date of Departure					
4. Flag of Ship PANAMA			5. Port of Call SINGAPORE		17. Return No. of Identity Doc EXPIRED (A12)		18. Date of Sign On	19. Endorsement Place

No.	2. Family Name, Given Name	7.2 [A/T]	8. Rank	9. Nationality	10. Date of Birth/ Place of Birth	Passport	Seaman Book	18. Date of Sign On	19. Endorsement Place
1.	LEE SEUNGHWAN	M	MASTER	SOUTH KOREA	06 JAN 1971 CHILJONG	M040W2707 2-Oct-25	#5098-01868 UNLIMITED	08 DEC 2022	SINGAPORE SINGAPORE
2.	ADHITA KUNAWAN	M	C/O	INDONESIA	06 JUN 1973 TANJUNGPINANG	C7822374 20-May-25	6-076502 21-May-24	08 DEC 2022	SINGAPORE SINGAPORE
3.	HAMUNG FADULLAH	M	Z/O	INDONESIA	01 OCT 1995 MABIRE	C7827287 27-Oct-25	H-031061 23-May-25	19 MAY 2022	SINGAPORE SINGAPORE
4.	NASARUL FIKRI NURESA	M	S/O	INDONESIA	26 NOV 1993 BATAM	C6475383 25-Aug-25	E-133330 26-Nov-25	08 SEP 2022	SINGAPORE SINGAPORE
5.	AN CHANG JU	M	C/E	SOUTH KOREA	08 JAN 1985 DOYONG	M04585883 1-Jan-27	#3102-00885 UNLIMITED	10 MAR 2025	TAGARR BRAZIL
6.	YADI SETIAWAN	M	S/E	INDONESIA	18 AUG 1976 TASIKMALAYA	C4211253 28-Jun-24	F-041288 29-Jun-24	10 MAR 2023	TUBARAO BRAZIL
7.	EDI SUGIYARTO	AB	Z/E	INDONESIA	27 MAR 1997 KAB. SEMARANG	C8211759 20-Jun-25	M-030889 10-May-25	08 DEC 2022	SINGAPORE SINGAPORE
8.	DAVID JEFFRYNOEL SINGAPORIA	M	S/E	INDONESIA	03 DEC 1998 JAKARTA	C8944893 28-Jul-27	F-223204 9-Jan-24	04 SEP 2022	SINGAPORE SINGAPORE
9.	KENDRIE KESUMA	M	BSH	INDONESIA	10 JAN 1980 TANJUNGPINANG	C2051180 1-Sep-25	G-027804 25-Jun-24	10 JAN 2023	TUBARAO BRAZIL
10.	MOH POUL	M	AB-A	INDONESIA	17 FEB 1987 BANGKALAN	E1186389 8-Nov-22	F-276882 12-Sep-24	08 DEC 2022	SINGAPORE SINGAPORE
11.	SAMMAN SARTON	M	AB-B	INDONESIA	14 JAN 1978 KUNINGSA	C9087105 10-May-27	F-142511 28-Jun-21	28 MAR 2022	SINGAPORE SINGAPORE
12.	KENDRA GUNAWAN	M	AB-C	INDONESIA	02 MAY 1971 JAKARTA	C7810223 10-Sep-25	F-152765 29-Apr-24	08 DEC 2022	SINGAPORE SINGAPORE
13.	ADI HIMAWAN	M	OS	INDONESIA	04 NOV 1982 TIGAL	C5811547 15-Jun-25	F-139816 15-May-25	28 DEC 2022	SINGAPORE SINGAPORE
14.	MUCH AGUS ANIFYANTO	M	NO. 1 O/L	INDONESIA	13 AUG 1978 PEKALONGAN	C8094804 19-Aug-25	E-121803 7-Oct-23	04 SEP 2022	SINGAPORE SINGAPORE
15.	TAMIR NUR FUAD	M	SEA-A	INDONESIA	13 FEB 1988 PEMALANG	E1800046 25-Oct-22	H-009822 9-Nov-25	10 JAN 2023	TUBARAO BRAZIL
16.	ANAN SOLEMAN	M	OLN-B	INDONESIA	03 DEC 1980 CIROH	C8632275 22-Apr-27	E-133413 15-May-19	04 SEP 2022	SINGAPORE SINGAPORE
17.	RIUTUBI SAIPIN RAHMOH	M	C/O/O	INDONESIA	04 JAN 1973 PANGOLAN	C8381031 9-Feb-25	F-300101 6-Feb-25	08 DEC 2022	SINGAPORE SINGAPORE
18.	MUHAMMAD ADYAR RACHMA	M	C/O/O	INDONESIA	12 OCT 1988 PALOPO	C8671788 13-Jul-27	H-055411 5-Jul-25	10 JAN 2023	TUBARAO BRAZIL
19.	ILUJ ARMAN MALEANA ASTANTO	M	A/O	INDONESIA	01 AUG 2001 PURWOREJO	C8414798 20-Apr-27	H-010138 25-May-25	04 SEP 2022	SINGAPORE SINGAPORE
20.	YUDI PUTRA FAJAR	M	A/V	INDONESIA	24 DEC 1999 BOKSI	C8427261 20-Jun-27	H-047829 16-Jun-23	04 SEP 2022	SINGAPORE SINGAPORE

24. Date and Signature by Master, authorized Agent of Office

TOTAL : 2 PERSON SOUTH KOREA, 18 PERSON INDONESIA
(30 CREW MEMBERS INCLUDING MASTER)

Evel LEE SEUNGHWAN
MASTER OF MV. PAN EPIC



Lampiran 4 : Ship Particulars

SHIP'S PARTICULARS

SHIP'S NAME : PAN EPIC
BUILT BY : NEW TIMES SHIPBUILDING CO., LTD.
DELIVERY DATE : September, 2020
CLASSIFICATION :
✠ KRS 1 - Bulk Carrier 'ESP' (CSR) BC-A(Hold Nos. 2,
4, 6 and 8 may be empty) GRAB[35] SeaTrust(HCM)
CLEAN1 IWS ERS IHM PSPC EEAS-SCR EEAS-EGC-O LG LI
✠ KRM 1 - UMA BWT STCM

CLASSIFICATION SOCIETY: KR

PORT OF REGISTRY : PANAMA

IMO NO. : 9882437

CALL SIGN : 3FLN3

OFFICIAL NUMBER : 51685-20-A

MMSI : 351178000

MAIN DIMENSIONS	LOA	299.95	MTR
	LPP	294.40	MTR
	BREADTH (MLD)	50.00	MTR
	DEPTH (MLD)	25.00	MTR

SUMMER DRAFT (MLD) : 18.37 MTR

SUMMER DEADWEIGHT : 208000 TONNES

GROSS TONNAGE : 108,692

NET TONNAGE : 67,194

[illegible]

Lampiran 6 : Wawancara antara *Apprentice Engineer* dengan *First Engineer*

Cuplikan catatan lapangan hasil wawancara penulis dengan *First Engineer* di kapal MV. PAN EPIC yang dilaksanakan saat penulis melakukan praktek laut.

Teknik : Wawancara

Cadet/Apprentice Engineer : Yogi Putra Fajar

First Engineer : Yadi Setiawan

Tempat, Tanggal : *Engine Control Room*, 25 Mei 2023

Cadet : Selamat siang Bass?

First Engineer : Iya, selamat siang det.

Cadet : Saya mohon izin untuk bertanya bass tentang hal yang berkaitan untuk skripsi saya. Kebetulan Bass Yadi adalah *person in charge* pada *machinery* ini.

First Engineer : Boleh det, silahkan

Cadet : Sebelumnya saya izin bertanya bass, bass Yadi sudah berapa lama berlayar?

First Engineer : Kurang lebih 15 tahunan det saya sudah berlayar.

Cadet : Untuk menjadi masinis 1 diatas kapal sudah berapa lama bass?

First Engineer : Agak lupa saya det, sekitar 8 tahunan det.

Cadet : Untuk mengenai *scrubber* ini, apakah bass 1 sudah pernah menemukan *machinery* ini di kapal sebelumnya bass?

First Engineer : Selama saya menjadi *First Engineer*, baru kali ini saya menemukan adanya *scrubber* yaitu di kapal MV. PAN EPIC, karena ini juga kapal baru.

Cadet : Apakah *scrubber* ini berperan penting bass atas keselamatan lingkungan dan kesehatan pelaut?

First Engineer : Sangat berperan penting det, kamu tau sendiri kan saat kapal kita berlayar, kita menggunakan bahan bakar *HSFO* yang mana asap pembakaran yang dikeluarkan dari mesin begitu tebal, maka dari itu sangatlah penting peran *scrubber* ini membersihkan kadar sulfur dan mengurangi karbon serta demi mengikuti regulasi Marpol Annex 6 juga.

Cadet : Untuk kaitannya dengan kesehatan pelaut itu apa ya bass?

First Engineer : Tentu berkaitan, asap pembuangan yang begitu tebal dapat merusak organ tubuh manusia, sebagai contoh paru-paru manusia akan mengalami kerusakan bila terus terhirup gas pembuangan dari mesin tersebut. Maka dari itu *scrubber* ini sangatlah penting.

Cadet : Pada *scrubber* tipe *open loop system* ini. Apa aja kelebihan serta kekurangannya bass?

First Engineer : Mengenai kelebihan pada *scrubber* tipe ini. *Open loop system* ini memiliki kelebihan praktis karena hanya menggunakan air laut saja untuk membersihkan kadar sulfur yang terdapat pada gas buang kapal serta air kotor sisa pembersihan langsung menuju *overboard* dan tidak ditampung di dalam tangka khusus. Berbeda dengan *close loop system* yang menggunakan penampungan dan sistem

closed-loop yang sangatlah khas dengan menggunakan air tawar yang dicampur dengan natrium hidroksida, air cucian kemudian dimurnikan dan disirkulasi ulang, dan lumpur sisa yang dihasilkan disimpan dalam tangki dan dibuang di pelabuhan berikutnya yang menawarkan fasilitas yang sesuai.

Cadet

: Bagaimana untuk kekurangannya bass?

First Engineer

: Untuk kekurangannya det, sebenarnya masih banyak yang perlu diperbaiki. Saya ambil satu contoh. Ada beberapa negara yang tidak bisa menerima air kotor sisa pembersihan dari *scrubber* karena akan mencemari lingkungan laut pada negara tersebut, regulasi ini masih terus dikembangkan dan akan tetap disesuaikan dengan pengoperasian *EGCS* tipe *open loop system* ini. Maka dari itu penggunaan bahan bakar *LSMGO* sangat berperan penting pada pengoperasian kapal ini. Lebih menguntungkan penggunaan tipe *close loop system* disaat kondisi seperti ini walaupun agak sedikit repot.

Cadet

: Terima kasih bass atas informasi yang sudah diberikan kepada saya tentang *EGCS* ini. Semoga informasi ini sangat bermanfaat untuk saya dan juga pembaca pada skripsi saya nanti.

First Engineer

: Sama-sama det, semoga kamu dapat memahami lebih dalam tentang permesinan baru ini, karena ini sangatlah penting untuk dipelajari dan bukan saya saja, tetapi semua crew di atas kapal MV. PAN EPIC.